KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
DIREKTORAT IRIGASI DAN RAWA

STANDAR PERENCANAAN IRIGASI

KRITERIA PERENCANAAN
BAGIAN
BANGUNAN

KP-04

2013

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
DIREKTORAT IRIGASI DAN RAWA

STANDAR PERENCANAAN IRIGASI

KRITERIA PERENCANAAN
BAGIAN
BANGUNAN
KP-04

2013

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM

DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR

S A M B U T A N

Keberadaan sistem irigasi yang handal merupakan sebuah syarat mutlak bagi terselenggaranya sistem pangan nasional yang kuat dan penting bagi sebuah negara. Sistem irigasi merupakan upaya yang dilakukan oleh manusia untuk memperoleh air dengan menggunakan bangunan dan saluran buatan untuk mengairi lahan pertaniannya. Upaya ini meliputi prasarana irigasi, air irigasi, manajemen irigasi, kelembagaan pengelolaan irigasi dan sumber daya manusia. Terkait prasarana irigasi, dibutuhkan suatu perencanaan yang baik, agar sistem irigasi yang dibangun merupakan irigasi yang efektif, efisien dan berkelanjutan, sesuai fungsinya mendukung produktivitas usaha tani.

Pengembangan irigasi di Indonesia yang telah berjalan lebih dari satu abad, telah memberikan pengalaman yang berharga dan sangat bermanfaat dalam kegiatan pengembangan irigasi dimasa mendatang. Pengalaman–pengalaman tersebut didapatkan dari pelaksanaan tahap studi, perencanaan hingga tahap pelaksanaan dan lanjut ke tahap operasi dan pemeliharaan.

Hasil pengalaman pengembangan irigasi sebelumnya, Direktorat Jenderal Pengairan telah berhasil menyusun suatu Standar Perencanaan Irigasi, dengan harapan didapat efisiensi dan keseragaman perencanaan pengembangan irigasi. Setelah pelaksanaan pengembangan irigasi selama hampir dua dekade terakhir, dirasa perlu untuk

melakukan *review* dengan memperhatikan kekurangan dan kesulitan dalam penerapan standar tersebut, perkembangan teknologi pertanian, isu lingkungan (seperti pemanasan global dan perubahan iklim), kebijakan partisipatif, irigasi hemat air, serta persiapan menuju irigasi modern (efektif, efisien dan berkesinambungan).

Setelah melalui proses pengumpulan data, diskusi ahli dan penelitian terhadap pelaksanaan Standar Perencanaan Irigasi terdahulu serta hasil perencanaan yang telah dilakukan, maka Direktorat Jenderal Sumber Daya Air menyusun suatu **Kriteria Perencanaan Irigasi** yang merupakan hasil *review* dari Standar Perencanaan Irigasi.

Dengan tersedianya Kriteria Perencanaan Irigasi, diharapkan para perencana irigasi mendapatkan manfaat yang besar, terutama dalam keseragaman pendekatan konsep desain, sehingga tercipta keseragaman dalam konsep perencanaan.

Penggunaan Kriteria Perencanaan Irigasi merupakan keharusan untuk dilaksanakan oleh pelaksana perencanaan di lingkungan Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. Penyimpangan dari standar ini hanya dimungkinkan dengan izin dari Pembina Kegiatan Pengembangan Irigasi.

Akhirnya, diucapkan selamat atas terbitnya Kriteria Perencanaan Irigasi, dan patut diberikan penghargaan sebesar–besarnya kepada para narasumber dan editor untuk sumbang saran serta ide pemikirannya bagi pengembangan standar ini.

Jakarta, Februari 2013

Direktur Jenderal Sumber Daya Air

DR. Ir. Moh. Hasan, Dipl.HE

NIP. 19530509 197811 1001

KATA PENGANTAR

Setelah melalui proses pengumpulan data, diskusi ahli dan penelitian terhadap pelaksanaan Standar Perencanaan Irigasi terdahulu serta hasil perencanaan yang telah dilakukan, maka Direktorat Jenderal Sumber Daya Air menyusun suatu **Kriteria Perencanaan Irigasi** yang merupakan hasil *review* dari Standar Perencanaan Irigasi edisi sebelumnya dengan menyesuaikan beberapa parameter serta menambahkan perencanaan bangunan yang dapat meningkatan kualitas pelayanan bidang irigasi. **Kriteria Perencanaan Irigasi** ini telah disiapkan dan disusun dalam 3 kelompok:

1. Kriteria Perencanaan (KP-01 s.d KP-09)
2. Gambar Bangunan irigasi (BI-01 s.d BI-03)
3. Persyaratan Teknis (PT-01 s.d PT-04)

Semula Kriteria Perencanaan hanya terdiri dari 7 bagian (KP – 01 s.d KP – 07). Saat ini menjadi 9 bagian dengan tambahan KP – 08 dan KP – 09 yang sebelumnya merupakan Standar Perencanaan Pintu Air Irigasi. *Review* ini menggabungkan Standar Perencanaan Pintu Air Irigasi kedalam 9 Kriteria Perencanaan sebagai berikut:

KP – 01	Perencanaan Jaringan Irigasi
KP – 02	Bangunan Utama (*Head Works*)
KP – 03	Saluran
KP – 04	Bangunan
KP – 05	Petak Tersier
KP – 06	Parameter Bangunan
KP – 07	Standar Penggambaran
KP – 08	Standar Pintu Pengatur Air Irigasi: Perencanaan, Pemasangan, Operasi dan Pemeliharaan
KP – 09	Standar Pintu Pengatur Air Irigasi: Spesifikasi Teknis

Gambar Bangunan Irigasi terdiri atas 3 bagian, yaitu:

(i) Tipe Bangunan Irigasi, yang berisi kumpulan gambar-gambar contoh sebagai informasi dan memberikan gambaran bentuk dan model bangunan, pelaksana perencana masih harus melakukan usaha khusus berupa analisis, perhitungan dan penyesuaian dalam perencanan teknis.

(ii) Standar Bangunan Irigasi, yang berisi kumpulan gambar-gambar bangunan yang telah distandarisasi dan langsung bisa dipakai.

(iii) Standar Bangunan Pengatur Air, yang berisi kumpulan gambar-gambar bentuk dan model bangunan pengatur air.

Persyaratan Teknis terdiri atas 4 bagian, berisi syarat-syarat teknis yang minimal harus dipenuhi dalam merencanakan pembangunan Irigasi. Tambahan persyaratan dimungkinkan tergantung keadaan setempat dan keperluannya. Persyaratan Teknisterdiri dari bagian-bagian berikut:

PT – 01 Perencanaan Jaringan Irigasi

PT – 02 Topografi

PT – 03 Penyelidikan Geoteknik

PT – 04 Penyelidikan Model Hidrolis

Meskipun Kriteria Perencanaan Irigasi ini, dengan batasan-batasan dan syarat berlakunya seperti tertuang dalam tiap bagian buku, telah dibuat sedemikian sehingga siap pakai untuk perencana yang belum memiliki banyak pengalaman, tetapi dalam penerapannya masih memerlukan kajian teknik dari pemakainya. Dengan demikian siapa pun yang akan menggunakan Kriteria Perencanaan Irigasi ini tidak akan lepas dari tanggung jawabnya sebagai perencana dalam merencanakan bangunan irigasi yang aman dan memadai.

Setiap masalah di luar batasan-batasan dan syarat berlakunya Kriteria Perencanaan Irigasi, harus dikonsultasikan khusus dengan badan-badan yang ditugaskan melakukan pembinaan keirigasian, yaitu:

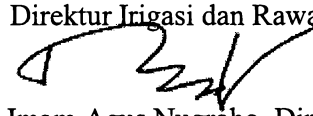
1. Direktorat Irigasi dan Rawa
2. Puslitbang Air

Hal yang sama juga berlaku bagi masalah-masalah, yang meskipun terletak dalam batas-batas dan syarat berlakunya standar ini, mempunyai tingkat kesulitan dan kepentingan yang khusus.

Semoga Kriteria Perencanaan Irigasi ini bermanfaat dan memberikan sumbangan dalam pengembangan irigasi di Indonensia. Kami sangat mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan ke arah kesempurnaan Kriteria Perencanaan Irigasi.

Jakarta, Februari 2013

Direktur Irigasi dan Rawa



Ir. Imam Agus Nugroho, Dipl.HE

NIP. 19541006 198111 1001

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM

DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR

TIM PERUMUS *REVIEW*
KRITERIA PERENCANAAN IRIGASI

No.	Nama	Keterangan
1.	Ir. Imam Agus Nugroho, Dipl. HE	Pengarah
2.	Ir. Adang Saf Ahmad, CES	Penanggung Jawab
3.	Ir. Bistok Simanjuntak, Dipl. HE	Penanggung Jawab
4.	Ir. Widiarto, Sp.1	Penanggung Jawab
5.	Ir. Bobby Prabowo, CES	Koordinator
6.	Tesar Hidayat Musouwir, ST, MBA, M.Sc	Koordinator
7.	Nita Yuliati, ST, MT	Pelaksana
8.	Bernard Parulian, ST	Pelaksana
9.	DR. Ir. Robert J. Kodoatie, M.Eng	Editor
10.	DR. Ir. Soenarno, M.Sc	Narasumber
11.	Ir. Soekrasno, Dipl. HE	Narasumber
12.	Ir. Achmad Nuch, Dipl. HE	Narasumber
13.	Ir. Ketut Suryata	Narasumber
14.	Ir. Sudjatmiko, Dipl. HE	Narasumber
15.	Ir. Bambang Wahyudi, MP	Narasumber

Jakarta, Januari 2013

Direktur Jenderal Sumber Daya Air

DR. Ir. Moh. Hasan, Dipl.HE

NIP. 19530509 197811 1001

DAFTAR ISI

S A M B U T A N ..... **iii**

KATA PENGANTAR ..... **v**

TIM PERUMUS *REVIEW* KRITERIA PERENCANAAN IRIGASI ..... **ix**

DAFTAR ISI ..... **xi**

DAFTAR TABEL ..... **xix**

DAFTAR GAMBAR ..... **xxi**

BAB I PENDAHULUAN **1**

1.1 Ruang Lingkup 1

BAB II BANGUNAN PENGUKUR DEBIT **3**

2.1 Umum 3
2.2 Alat Ukur Ambang Lebar 4
2.2.1 Tipe 6
2.2.2 Perencanaan Hidrolis 8
2.2.3 *Flum* Dasar Rata 10
2.2.4 Batas Moduler 10
2.2.5 Besaran Debit 12
2.2.6 Papan Duga 12
2.2.7 Tabel Debit 13
2.2.8 Karakteristik Alat Ukur Ambang Lebar 14
2.2.9 Kelebihan Alat Ukur Ambang Lebar 15
2.2.10 Kelemahan Alat Ukur Ambang Lebar 15
2.2.11 Penggunaan Alat Ukur Ambang Lebar 15
2.3 *Orifice Constant Head* 16
2.3.1 Alat Ukur *Orifice Constant Head* 16
2.3.2 Bentuk Hidrolis 16
2.3.3 Kapasitas dan Karakteristik 17
2.3.4 Perhitungan Hidrolis 18
2.3.5 Dimensi 18
2.4 *Throated Flume* 18
2.4.1 Alat Ukur Long-Throated *Flume* 18
2.4.1.1 Perencanaan Hidrolis 20
2.4.1.2 Batas Modular 23
2.4.1.3 Kelebihan Alat Ukur *LongThroated Flume* 24
2.4.1.4 Kelemahan Alat Ukur *Long Throat Flume* 24
2.4.1.5 Batas Penggunaan Alat Ukur *LongThroated Flume* 25

2.4.2 Alat Ukur *Cut-throated Flume* 25
2.4.2.1 Penentuan Debit dalam Kondisi Aliran Bebas 27
2.4.2.2 Pemasangan*Cut ThroatFlume* untuk Mendapatkan Kondisi Aliran Bebas 28
2.5 Alat Ukur *Romijn* 32
2.5.1 Tipe-Tipe Alat Ukur *Romijn* 32
2.5.2 Perencanaan Hidrolis 34
2.5.3 Dimensi dan Tabel Debit Standar 36
2.5.4 Papan Duga 37
2.5.5 Karakteristik Alat Ukur *Romijn* 38
2.5.6 Kelebihan Alat Ukur *Romijn* 38
2.5.7 Kekurangan Alat Ukur *Romijn* 38
2.5.8 Penggunaan Alat Ukur *Romijn* 39
2.6 Alat Ukur *Crump – de Gruyter* 39
2.6.1 Perencanaan Hidrolis 40
2.6.2 Karakteristik Alat Ukur *Crump-de Gruyter* 42
2.6.3 Kelebihan Alat Ukur *Crump-de Gruyter* 43
2.6.4 Kelemahan Alat Ukur *Crump-de Gruyter* 43
2.6.5 Penggunaan Alat Ukur *Crump-de Gruyter* 43
2.7 *Neyrpic Module* 43
2.7.1 Umum 43
2.7.2 Kelebihan *Neyrpic Module* 45
2.7.3 Kelemahan *Neyrpic Module* 45
2.8 Pipa Sadap Sederhana 46
2.8.1 Perencanaan Hidraulis 46
2.8.1.1 Aliran Tenggelam (*Submerged*) 46
2.8.1.2 Aliran Jatuh Bebas (*Free Fall*) 47
2.8.2 Penggunaan Pipa Sadap Sederhana 48

BAB III BANGUNAN PENGATUR TINGGI MUKA AIR 51

3.1 Umum 51
3.2 Pintu Skot Balok 51
3.2.1 Perencanaan Hidrolis 52
3.2.2 Kelebihan Pintu Skot Balok 54
3.2.3 Kelemahan Pintu Skot Balok 54
3.3 Pintu Sorong 54
3.3.1 Perencanaan Hidrolis 54
3.3.2 Kelebihan-Kelebihan yang Dimiliki Pintu Pembilas Bawah 55
3.3.3 Kelemahan-Kelemahannya 56
3.4 Pintu Radial 56
3.4.1 Kelebihan Pintu Radial 56
3.4.2 Kelemahan Pintu Radial 56

3.5 Mercu Tetap 57
3.5.1 Perencanaan Hidrolis 57
3.5.2 Kelebihan Mercu Tetap 58
3.5.3 Kelemahan Mercu Tetap 59
3.6 Mercu Tipe U (Mercu Tipe Cocor Bebek) 59
3.6.1 Umu 59
3.6.2 Perencanaan Struktur 60
3.6.3 Analisa Hidraulik 61
3.6.4 Pertimbangan dan Persyaratan 63
3.7 Celah Kontrol Trapesium 65
3.7.1 Perencanaan Hidrolis 67
3.7.2 Kelebihan Celah Kontrol Trapesium 68
3.7.3 Kelemahan Celah Kontrol Trapesium 68
3.8 Penggunaan Bangunan Pengatur Muka Air 69

BAB IV BANGUNAN BAGI DAN SADAP 71

4.1 Bangunan Bagi 71
4.2 Bangunan Pengatur 71
4.3 Bangunan Sadap 77
4.3.1 Bangunan Sadap Sekunder 77
4.3.2 Bangunan Sadap Tersier 78
4.3.3 Bangunan Bagi dan Sadap kombinasi Sistem Proporsional 79
4.3.4 Tata Letak Bangunan Bagi dan Sadap 80

BAB V BANGUNAN PEMBAWA 83

5.1 Pendahuluan 83
5.2 Kelompok Subkritis 83
5.2.1 Perencanaan Hidrolis 83
5.2.2 Kehilangan Akibat Gesekan 84
5.2.3 Kehilangan Energi Pada Peralihan 85
5.2.4 Kehilangan Tinggi di Bagian Siku dan Tikungan 89
5.3 Standar Peralihan Saluran 91
5.4 Gorong-Gorong 92
5.4.1 Umu 92
5.4.2 Kecepatan Aliran 95
5.4.3 Ukuran-Ukuran Standar 95
5.4.4 Penutup Minimum 98
5.4.5 Gorong-Gorong Segi Empat 98
5.4.6 Kehilangan Tinggi Energi untuk Gorong-Gorong yang Mengalir Penuh 99
5.4.9 Standar Ukuran dan Penulangan Gorong-Gorong Segi Empat 100
5.4.9.1 Analisis Pembebanan 100

5.4.9.2 Desain Parameter 100
5.4.9.3 Penulangan 101
5.4.9.4 Dasar-Dasar Pelaksanaan 102
5.5 Sipon 105
5.5.1 Umum 105
5.5.2 Kecepatan Aliran 106
5.5.3 Perapat Pada Lubang Masuk Pipa 106
5.5.4 Kehilangan Tinggi Energi 106
5.5.5 Kisi-Kisi Penyaring 108
5.5.6 Pelimpah 109
5.5.7 Sipon Jembatan 109
5.6 Talang dan Flum 110
5.6.1 Talang 110
5.6.1.1 Potongan Melintang 110
5.6.1.2 Kemiringan dan Kecepatan 110
5.6.1.3 Peralihan 111
5.6.1.4 Tinggi Jagaan 113
5.6.1.5 Bahan 113
5.6.1.6 Standar Ukuran dan Penulangan Talang 114
5.6.2 Bangunan*Elevated Flume* 123
5.6.2.1 Penentuan Dimensi 124
5.6.2.2 Daftar Dimensi *Elevated Flume* 128
5.7 Bangunan Terjun 133
5.7.1 Umum 133
5.7.2 Bagian Pengontrol 133
5.7.2.1 Perhitungan Hidrolis: (Gambar 5-24) 135
5.7.3 Bangunan Terjun Tegak 137
5.7.4 Bangunan Terjun Miring 139
5.8 Got Miring 141
5.8.1 Peralihan 141
5.8.2 Bangunan Pembawa 144
5.8.3 Aliran Tidak Stabil 146

BAB VI KOLAM OLAK 149

6.1 Umum 149
6.2 Kolam Loncat Air 150
6.2.1 Perhitungan Hidrolis Secara Grafis 150
6.2.2 Perhitungan Hidrolis 151
6.2.2.1 Nilai-Nilai Dasar Loncat Hidrolis 152
6.3 Kolam Olak untuk Bilangan *Froude* Antara 2,5 dan 4,5 153
6.4 Kolam Olak untuk Bilangan *Froude* > 4,5 155
6.5 Kolam *Vlugter* 156

6.6 Modifikasi Peredam Energi 157
6.7 Lindungan dari Pasangan Batu Kosong 167
6.7.1 Perencanaan Filter 168

BAB VII BANGUNAN LINDUNG 171

7.1 Umum 171
7.2 Saluran Pelimpah 172
7.2.1 Perencanaan Panjang Pelimpah Saluran 174
7.2.2 Metode Bilangan 176
7.2.3 Catatan 177
7.2.4 Metode Grafik 178
7.3 Sipon Pelimpah 181
7.3.1 Penentuan Dimensi 181
7.3.2 Kavitasi 184
7.3.3 Tipe-Tipe Sipon Pelimpah 186
7.4 Pintu Pelimpah Otomatis 190
7.5 Bangunan Penguras 192
7.5.1 Pemerian (Deskripsi) 192
7.5.2 Kapasitas 192
7.5.3 Perencanaan Pintu Penguras 193
7.6 Bangunan Pembuang Silang 193
7.6.1 Umum 193
7.6.2 Sipon 194
7.6.3 Gorong-Gorong 194
7.6.4 *Overchute* 196
7.6.5 Alur Pembuang 199
7.7 Bangunan Pengeluar Sedimen (*Sediment Excluder*) 200
7.7.1 Umum 200
7.7.2 Penggunaan Saluran Pengeluar Sedimen (*Sediment Excluder*) 203
7.7.3 Menentukan Lokasi Bangunan 203
7.7.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penetapan Lokasi Bangunan Pengeluar Sedimen 204
7.7.5 BangunanTabung Pusaran (*Vortex Tube*) 206
7.7.6 Terowongan Penyaring Sedimen (*Tunnel Sediment Excluder*) 209

BAB VIII JALAN DAN JEMBATAN 215

8.1 Umum 215
8.2 Jalan Inspeksi 215
8.2.1 Klasifikasi 216
8.2.2 Potongan Melintang 217
8.2.3 Trase 217
8.2.4 Pelaksanaan 219

8.2.5 Pembuang 223
8.3 Jembatan 225
8.3.1 Tipe 225
8.3.2 Pembebanan 225
8.3.3 Bangunan Atas 225
8.3.4 Pondasi dan Tiang Pancang 226
8.3.5 Ruang Bebas 228

BAB IX BANGUNAN – BANGUNAN PELENGKAP 231

9.1 Tanggul 231
9.1.1 Kegunaan 231
9.1.2 Bahan 231
9.1.3 Debit Perencanaan 232
9.1.4 Trase 232
9.1.5 Tinggi Jagaan 232
9.1.6 Lebar Atas 233
9.1.7 Kemiringan Talut 233
9.1.8 Stabilitas Tanggul 234
9.1.9 Pembuang 236
9.1.10 Lindungan 237
9.2 Fasilitas Eksploitasi 237
9.2.1 Komunikasi 237
9.2.2 Kantor dan Perumahan Staf 239
9.2.3 Sanggar Tani 240
9.2.4 Patok Hektometer 240
9.2.5 Patok Sempadan 241
9.2.6 Pelat Nama 242
9.2.7 Papan Pasten 243
9.2.8 Papan Duga Muka Air 243
9.2.9 Pintu 244
9.2.10 AWLR 245
9.3 Bangunan-Bangunan Lain 246
9.3.1 Peralatan Pengaman 246
9.3.2 Tempat Cuci 247
9.3.3 Kolam Mandi Ternak 247
9.4 Pencegahan Rembesan 248
9.4.1 Umum 248
9.4.2 Dinding Halang 248
9.4.3 Koperan 249
9.4.4 Filter 250
9.4.5 Lubang Pembuang 251
9.4.6 Alur Pembuang 252

DAFTAR PUSTAKA **253**
LAMPIRAN I **257**
LAMPIRAN II **267**
LAMPIRAN III **297**
LAMPIRAN IV **315**
LAMPIRAN V **337**
DAFTAR PERISTILAHAN IRIGASI **355**

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1. Perbandingan antara Bangunan-Bangunan Pengukur Debit yang Umum Dipakai 5

Tabel 2-2. Harga-Harga Minimum Batas Moduler (H_2/H_1) 11

Tabel 2-4. Nilai K, n dan St untuk Berbagai Panjang *Cut Throat Flume* 27

Tabel 2-5. Pegangan Umum Penggunaan *Cut ThroatFlume*Di Petak Tersier..... 30

Tabel 2-6. Besaran Debit yang Dianjurkan untuk Alat Ukur *Romijn* Standar 37

Tabel 4-1. Perbandingan antara Bangunan-Bangunan Pengatur Air..... 73

Tabel 5-1. Harga-harga Harga Koefisien Kekasaran *Strickler* (k) 85

Tabel 5-3. Harga-Harga μ dalam Gorong-Gorong Pendek 99

Tabel 5-4. Parameter Desain Gorong-Gorong Persegi Empat (*Box Culvert*)..... 101

Tabel 5-5. Standar Penulangan untuk Gorong-Gorong Segi Empat Tipe *Single* ...103

Tabel 5-6. Standar Penulangan untuk Gorong-Gorong Segi Empat Tipe *Double* .104

Tabel 5-7. Perhitungan Dimensi Dan Hidrolik Talang..... 115

Tabel 5-8. Lebar Standar Jembatan Diatas Talang..... 116

Tabel 5-9. Matriks Dimensi dan Standar Penulangan Talang 121

Tabel 5-10. Perhitungan Dimensi dan Hidrolik *Elevated Flume* 129

Tabel 5-11. Parameter-Parameter dalam Perhitungan Struktur..... 130

Tabel 5-12. Dimensi Desain dan Penulangan *Elevated Flume* 132

Tabel 5-13. Tinggi Minimum untuk Got Miring (dari USBR, 1973)..... 145

Tabel 8-1. Lebar Perkerasan Jalan Standar Irigasi yang disesuaikan Standar Bina Marga 217

Tabel 8-2. Persyaratan Gradasi untuk Bahan Perkerasan dari Kerikil Alamiah..... 220

Tabel 8-3. Perkiraan Harga-Harga Minimum CBR untuk Perencanaan Tanah Dasar Dibawah Jalan Perkerasan yang Dipadatkan Sampai 95% dari Berat Isi Kering Maksimum *Proctor* (*Road Note* 31,1977)..... 221

Tabel 8-4. Jumlah Bahan Pengikat dan Perata untuk Perkerasan Permukaan (dari ESCAP, 1981) 224

Tabel 8-5. Hubungan Debit dan Tinggi Jagaan..... 228

Tabel 9-1. Harga-Harga Kemiringan Samping yang Dianjurkan untuk Tanggul Tanah Homogen (menurut USBR, 1978)..... 234

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1. Alat Ukur Ambang Lebar dengan Mulut Pemasukan yang Dibulatkan 7
Gambar 2-2. Alat Ukur Ambang Lebar dengan Pemasukan Bermuka Datar dan Peralihan Penyempitan 8
Gambar 2-3. Cv Sebagai Fungsi Perbandingan $C_dA^*/A1$ 9
Gambar 2-4. Ilustrasi Peristilahan yang Digunakan 10
Gambar 2-5. Dimensi Flum dan Alat Ukur 11
Gambar 2-7. Bilangan-Bilangan Pengali untuk Satuan-Satuan yang Dipakai pada Papan Duga Miring 13
Gambar 2-8. Alat Ukur *Orifice Constan Head* 17
Gambar 2-9. Bentuk-Bentuk Transisi *Rectangular Long Throated Flume* 19
Gambar 2-10. Potongan Memanjang Alat Ukur *Long Throated Flume* 20
Gambar 2-11. Grafik Hubungan Cd dengan Fungsi H_1/L 22
Gambar 2-12. Koefisien Kecepatan Datang untuk Berbagai Bentuk Bagian Pengontrolan 23
Gambar 2-13. Sketsa *Cut Throat Flume* 26
Gambar 2-14. Generalisasi Koefisien Aliran Bebas dan Nilai Eksponen N, Serta St untuk Ctf (Satuan dalam Metrik) 28
Gambar 2-15. *Cut ThroathFlume* (Pandangan Atas dan Samping) 30
Gambar 2-16. Sketsa *Cut-ThroatFlume*pada Uji Saluran Laboratorium 31
Gambar 2-17. Pemasangan *Cut-ThroatFlume* 31
Gambar 2-19. Sketsa Isometris Alat Ukur *Romijn* 35
Gambar 2-20. Dimensi Alat Ukur *Romijn*dengan Pintu Bawah 36
Gambar 2-21. Perencanaan yang Dianjurkan untuk Alat Ukur *Crump-de Gruyter* 40
Gambar 2-22. Karakteristik Alat Ukur *Crump-de Gruyter* 41
Gambar 2-23. Diagram dan Kurva Operasi untuk Dinding Pembagi Tunggal 44
Gambar 2-24. Diagram dan Kurva Operasi untuk Dinding Pembagi Ganda 45
Gambar 2-25. Pengambilan Dalam Pipa Aliran Tenggelam (*Submerged*) 47
Gambar 2-26. Pengambilan Dalam Pipa Aliran Jatuh Bebas (*Free Fall*) 48
Gambar 2-27. Bangunan Sadap Pipa Sederhana 50
Gambar 3-1. Koefisien Debit untuk Aliran Diatas Skot Balok Potongan Segi Empat ($Cv \approx 1{,}0$) 52
Gambar 3-2. Aliran Dibawah Pintu Sorong dengan Dasar Horizontal 55
Gambar 3-3. Koefisien K untuk Debit Tenggelam (dari *Schmidt*) 55
Gambar 3-5. Bentuk-Bentuk Mercu Bangunan Pangatur Ambang Tetap yang Lazim Dipakai 57
Gambar 3-6. Alat Ukur Mercu Bulat 58
Gambar 3-7. Gambar Diagram Susunan Suatu Kontrol Muka Air 60

Gambar 3-9. Grafik untuk Desain Pelimpah Jenis Gergaji untuk Gigi Trapesium 63
Gambar 3-10. Perubahan Debit antara Pelimpah Biasa (Tetap) dengan Pelimpah Tipe Lengkung 65
Gambar 3-11. Penggabungan Kurva Muka Air dan Kurva Debit 66
Gambar 3-12. Sketsa dimensi untuk celah kontrol 67
Gambar 4-1. Saluran dengan Bangunan Pengatur dan Sadap ke Saluran Sekunder 72
Gambar 4-2. Perubahan Debit dengan Variasi Muka Air untuk Pintu Aliran Atas dan Aliran Bawah. 74
Gambar 4-3. Saluran Sekunder dengan Bangunan Pengatur dan Sadap ke Berbagai Arah 76
Gambar 4-4. Bangunan Pengatur: Pintu Aliran Bawah dengan Mercu Tetap 77
Gambar 4-5. Tata Letak Bangunan Bagi Sadap Bentuk Menyamping 81
Gambar 4-6. Tata Letak Bangunan Bagi Sadap Bentuk Numbak 82
Gambar 5-1. Koefisien Kehilangan Tinggi Energi untuk Peralihan-Peralihan dari Bentuk Trapesium ke Segi Empat dengan Permukaan Air Bebas (dan Sebaliknya) (dari Bos dan *Reinink*, 1981; dan *Idel'cik*, 1960) 87
Gambar 5-2. Koefisien Kehilangan Tinggi Energi untuk Peralihan-Peralihan dari Saluran Trapesium ke Pipa dan Sebaliknya (Menurut *Simons*, 1964 dan *Idel'cik*, 1960) 88
Gambar 5-3. Peralihan Aliran pada Bagian Siku 89
Gambar 5-4. Harga-Harga Kb untuk Tikungan 90°pada Saluran Tertutup (USBR) dan Faktor Koreksi untuk Koefisien Kehilangan di Tikungan pada Saluran Tertutup 91
Gambar 5-5. Standar Peralihan Saluran 94
Gambar 5-6. Perlintasan dengan Jalan Kecil (Gorong-Gorong) 96
Gambar 5-7. Standar Pipa Beton 97
Gambar 5-8. Gorong-Gorong Segi Empat 98
Gambar 5-9. Contoh Sipon 107
Gambar 5-10. Kisi-Kisi Penyaring 109
Gambar 5-11. Sketsa Pandangan Atas Bagian-Bagian Talang 111
Gambar 5-12. Contoh Talang 112
Gambar 5-13. Perubahan Potongan Melintang Saluran dan Talang 117
Gambar 5-14. Potongan Melintang Talang Kontruksi Beton Bertulang Atasnya Sebagai Jembatan 120
Gambar 5-15. Kedalaman Pondasi untuk Tumpuan Talang dan Jembatan Irigasi .122
Gambar 5-16. Standar Saluran Transisi untuk Saluran dan *Flume* 124
Gambar 5-17. Saluran Tiap 6 m Atau 8 m Diberi *Water Stop* 124
Gambar 5-18. Grafik untuk Menentukan Dimensi *Flume* Berdasarkan b dan d *Flume* 125

Gambar 5-19. Potongan Memanjang *Flume* dan Kehilangan Tinggi Muka Air.....126
Gambar 5-20. Kehilangan Tinggi Muka Air (Jenis Peralihan Punggung Patah)....127
Gambar 5-21. Potongan Melintang Saluran *Flume* Beton Bertuang 131
Gambar 5-22. Contoh *Flum* Tumpu.....134
Gambar 5-23. Ilustrasi Peristilahan yang Berhubungan dengan Bangunan Peredam Energi.....134
Gambar 5-24. Ilustrasi Peristilahan yang Berhubungan dengan Lebar Efektif dan Ruang Olak Di Bangunan Terjun Lurus 135
Gambar 5-25. Penggabungan Kurva $Q - y_1$ dan $Q - h_1$ Sebuah Bangunan.....137
Gambar 5-26. Grafik Tak Berdimensi dari Geometri Bangunan Terjun Tegak (*Bos, Replogle and Clemmens*, 1984).....139
Gambar 5-27. Sketsa Dimensi untuk Tabel A.2.6 (Lampiran II).....140
Gambar 5-28. Kriteria Aliran Getar dan Kriteria bentuk (dari USBR, 1978).....147
Gambar 6-1. Diagram untuk Memperkirakan Tipe Bangunan yang Akan Digunakan untuk Perencanaan Detail (Disadur dari *Bos. Replogle and Clemments*, 1984).....150
Gambar 6-2. Hubungan Percobaan antara Fr_u, y_2/y_1 dan n/y_2 untuk Ambang Pendek (Menurut *Foster* dan *Skrinde*, 1950).....151
Gambar 6-3. Diagram HidrolisKolam Olak.....152
Gambar 6-4. Dimensi Kolam Olak Tipe IV (USBR, 1973).....154
Gambar 6-5. Dimensi Kolam Olak Tipe Blok-Halang (*Bos, Reploge and Clemmens*, 1984).....155
Gambar 6-6. Karakteristik Kolam Olak untuk Dipakai dengan Bilangan *Froude* diatas 4,5; Kolam USBR tipe III (*Bradley* dari *Peterka*. 1957) 156
Gambar 6-7. Kolam Olak Menurut *Vlugter*.....157
Gambar 6-8. Potongan Memanjang Bangunan Terjun Tetap dengan Peredam Energi Tipe MDO 164
Gambar 6-9. Potongan Memanjang Bangunan Terjun Tetap dengan Peredam Energi Tipe MDS.....164
Gambar 6-10. Grafik MDO – 1 Pengaliran Melalui Mercu Bangunan Terjun.....165
Gambar 6-11. Grafik MDO – 1a Penentuan Bahaya Kavitasi Di Hilir Mercu Bangunan Terjun.....165
Gambar 6-12. Grafik MDO – 2 Penentuan Kedalaman Lantai Peredam Energi 166
Gambar 6-13. Grafik MDO – 3 Penentuan Panjang Lantai Peredam Energi 166
Gambar 6-14. Hubungan Antara Keceparan Rata-Rata diatas Ambang Ujung Bangunan dan Ukuran Butir Yang Stabil (*Bos*, 1978).....168
Gambar 6-15. Contoh Filter Diantara Batu Kosong dan Bahan Asli (Tanah Dasar) 168
Gambar 7-1. Pelimpah Corong dan Pembuang.....173
Gambar 7-2. Profil-Profil Aliran Disepanjang Pelimpah Samping 175
Gambar 7-3. Sketsa Definisi untuk Saluran dengan Pelimpah Samping 176

Gambar 7-4. Muka Air Di Saluran Disepanjang Pelimpah Samping untuk Aliran Subkritis 178
Gambar 7-5. Dimensi Pelimpah Samping dengan Metode Grafik 179
Gambar 7-6. Sipon Pelimpah 181
Gambar 7-7. Jari-Jari Mercu 184
Gambar 7-8. Tekanan Sub Atmosfir Dalam Sipon dengan Beda Tinggi Energi Z Lebih Kecil (1) dan Lebih Besar (2) dari 10 M (Tekanan Atmosfir pada Ketinggian Laut). 185
Gambar 7-9. Jaringan Aliran pada Mercu Sipon 186
Gambar 7-10. Tipe Dipotongan Sipon Pelimpah (USBR,1978) 188
Gambar 7-11. Sipon dalam Pasangan Batu di Kombinasi dengan Beton 189
Gambar 7-12. Tipe-Tipe Pintu Otomastis 190
Gambar 7-13. Pintu *Vlugter* Otomatis, Karakteristik Debit Model 192
Gambar 7-14. Tipe Profil Gorong-Gorong 195
Gambar 7-15. Tipe Denah dan Potongan *Overchute* 198
Gambar 7-16. Potongan dan Denah Alur Pembuang Pipa 200
Gambar 7-17. Bangunan Pengeluar Sedimen (*Sediment Excluder*) Tipe Tabung Pusaran 201
Gambar 7-18. Bangunan Pengeluar Sedimen (*Sediment Excluder*) Tipe Terowongan (Tipe Saluran Pembilas Bawah) 202
Gambar 7-19. Lokasi Keseimbangan Slope antara Hasil Endapan Sedimen dengan Kemiringan Dasar Saluran Akan Sama untuk Menentukan Lokasi Bangunan Pengeluar Sedimen 204
Gambar 7-20. Potongan Melintang Saluran di Lokasi Tabung Pusaran (Pada Saat Proses Masuknya Sedimen ke Tabung Pusaran/*VortexTube*) 206
Gambar 7-21. Prinsip Kerja Terowongan Penyaring Sedimen dan Elevasi Letak Terowongan 209
Gambar 7-22. Denah Perencanaan Terowongan Penyaring Sedimen 210
Gambar 7-23. Faktor Perkalian untuk Kehilangan Tinggi Dibagian Lengkung Prasarana Penyaring Sedimen 212
Gambar 8-1. Tipe-Tipe Potongan Melintang Jalan Inspeksi 219
Gambar 8-2. Diagram Rencana Perkerasan untuk Perkerasan Fleksibel (*Road Note* 31, 1977) 222
Gambar 8-3. Konstruksi Makadam yang Disusun Dengan Tangan 223
Gambar 8-4. Potongan Melintang Jalan dengan Perkerasan 224
Gambar 8-5. Tipe Potongan Melintang Jembatan Balok T dan Jembatan Pelat 227
Gambar 8-6. Kedalaman Pondasi untuk Tumpuan Jembatan 228
Gambar 8-7. Kedalaman Pondasi serta Lindungan Terhadap Erosi untuk Pilar Jembatan 229
Gambar 9-1. Potongan Melalui Tanggul 233
Gambar 9-2. Potongan Melintang Tanggul 234

Gambar 9-3. Dasar yang Diperlebar pada Lintasan Saluran 235
Gambar 9-4. Pembuang pada Tanggul 236
Gambar 9-5. Patok Hektometer 241
Gambar 9-6. Patok Sempadan 242
Gambar 9-7. Lokasi Penempatan AWLR 246
Gambar 9-8. Contoh Dinding Halang 249
Gambar 9-9. Tipe-Tipe Konstruksi Koperan 250
Gambar 9-10. Konstruksi Filter 251
Gambar 9-11. Tipe-Tipe Lubang Pembuang 251
Gambar 9-12. Beberapa Tipe Alur Pembuang 252

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Ruang Lingkup

Kriteria Perencanaan Bangunan ini merupakan bagian dari Standar Perencanaan Irigasi dari Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Standar Kriteria Perencanaan yang meliputi seluruh bangunan yang melengkapi saluran-saluran irigasi dan pembuang, termasuk bangunan-bangunan yang diperlukan untuk keperluan komunikasi, angkutan, eksploitasi dan pemeliharaan.

Disini diberikan uraian mengenai bangunan-bangunan jaringan irigasi dan pembuang. Uraian itu mencakup latar belakang dan dasar-dasar hidrolika untuk perencanaan bangunan-bangunan tersebut. Hal ini berarti bahwa beberapa jenis bangunan tertentu memerlukan uraian khusus tersendiri karena sifat-sifat hidrolisnya yang unik.

Bangunan-bangunan lain yang memiliki banyak persamaan dalam hal dasar-dasar hidrolikanya akan dibahas di dalam kelompok yang sama. Kriteria perencanaan hidrolisdisajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk menyederhanakan penggunaannya, sejauh hal ini dianggap mungkin dan cocok.

Namun demikian latar belakang teoritis masing-masing bangunan akan disajikan selengkap mungkin.

Perencanaan bangunan bergantung pada keadaan setempat, yang umumnya berbeda-beda dari satu daerah ke daerah yang lain. Hal ini menuntut suatu pendekatan yang luwes. Akan tetapi, disini diberikan beberapa aturan dan cara pemecahannya secara terinci. Bilamana perlu, diberikan referensi mengenai metode dan bahan konstruksi alternatif.

Dalam kondisi lapangan, dimana jaringan irigasi memerlukan jenis atau tipe bangunan irigasi yang belum tercantum dalam buku kriteria ini, maka perencana

harus mendiskusikan dengan tim ahli. Perencana harus membuat argumen, serta mempertimbangkan segala kekurangan dan kelebihan dari jenis bangunan tersebut.

Bab-bab dalam laporan ini dibagi sesuai dengan tingkat kemanfaatan bangunan. Di sini diberikan rekomendasi pemakaian tipe-tipe bangunan yang lebih disukai. Rekomendasi ini didasarkan pada:

(1) Kesesuaian dengan fungsi yang dibebankan kepada bangunan,

(2) Mudahnya perencanaan dan pelaksanaan,

(3) Mudahnya operasional dan pemeliharaan,

(4) Biaya konstruksi dan pemeliharaan,

(5) Terbiasanya petugas operasi dengan tipe bangunan tersebut.

BAB II
BANGUNAN PENGUKUR DEBIT

2.1 Umum

Agar pengelolaan air irigasi menjadi efektif, maka debit harus diukur (dan diatur) pada hulu saluran primer, pada cabang saluran dan pada bangunan sadap tersier.

Berbagai macam bangunan dan peralatan telah dikembangkan untuk maksud ini. Namun demikian, untuk menyederhanakan pengelolaan jaringan irigasi hanya beberapa jenis bangunan saja yang boleh digunakan di daerah irigasi. Bangunan-bangunan yang dianjurkan untuk dipakai di uraikan dalam subbab 2.2 dan seterusnya. Bangunan-bangunan pengukur debit lainnya yang dianjurkan pemakaiannya disebutkan dalam Lampiran I.

Rekomendasi penggunaan bangunan tertentu didasarkan pada faktor penting antara lain:

- Kecocokan bangunan untuk keperluan pengukuran debit
- Ketelitian pengukuran di lapangan
- Bangunan yang kokoh, sederhana dan ekonomis
- Rumus debit sederhana dan teliti
- Operasi dan pembacaan papan duga mudah
- Pemeliharaan sederhana dan murah
- Cocok dengan kondisi setempat dan dapat diterima oleh para petani.

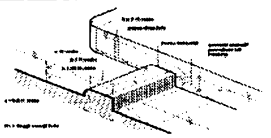
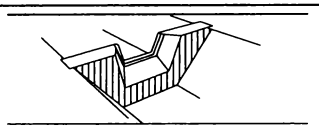
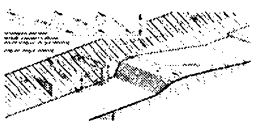
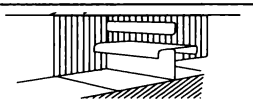
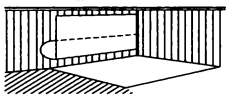
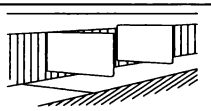
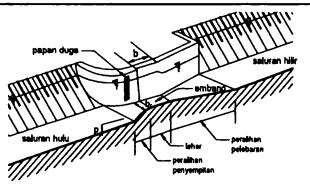
Tabel 2-1. memberikan irigasi parameter perencanaan pokok untuk bangunan pengukur yang dipakai. Tipe bangunan yang dianjurkan ditunjukkan dalam kotak-kotak garis tebal.

2.2 Alat Ukur Ambang Lebar

Bangunan ukur ambang lebar dianjurkan karena bangunan itu kokoh dan mudah dibuat. Karena bias mempunyai berbagai bentuk mercu, bangunan ini mudah disesuaikan dengan tipe saluran apa saja.

Hubungan tunggal antara muka air hulu dan debit mempermudah pembacaan debit secara langsung dari papan duga, tanpa memerlukan tabel debit.

Tabel 2-1. Perbandingan antara Bangunan-Bangunan Pengukur Debit yang Umum Dipakai

	BANGUNAN PENGUKUR DEBIT		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	KETERANGAN
MENGUKUR SAJA	**ALAT UKUR AMBANG LEBAR**		1,6	2 %	0,1 h1 sampai 0,33 h1	+	+ +	1	rendah	Dianjurkan untuk pengukur debit jika muka air harus tetap bebas
	ALAT UKUR*CIPOLETTI*		1,5	5 %	h1 + 0,05 m	- -	- -	1	sedang	Tidak dianjurkan
	ALAT UKUR *PARSHALL*		1,6	3 %	0,5 h1 sampai 0,2 h1	+	+ +	1	sangat mahal	Tidak dianjurkan
MENGUKUR DAN MENGATUR	**ALAT UKUR *ROMIJN***		1,6	3%	0,03 h1	+	+	1 atau 2	mahal	Dianjurkan jika U harus 1,6
	ALAT UKUR *CRUMP DE GRUYTER*		0,5	3%	≤ h1 W W = bukaan pintu	- +	-	2	sedang	Dianjurkan jika U harus 0,5
	ORIFIS DENGAN TINGGI ENERGI TETAP		0,5	>7%	> 0,03 m	-	- -	3	paling mahal	Tidak dianjurkan
	ALAT UKUR *LONG THROATED FLUME*		0,5 – 2,5	>2 %	> 0,03 m	+	+ +	1	sedang	Dianjurkan jika tersedia cukup untuk ruang mendapatkan aliran yang stabil sebelum masuk *flume*

(1) = Eksponen U dalam $Q=Kh_1^U$
(2) = % kesalahan dalam tabel debit
(3) = Kehilangan energi yang diperlukan pada h_1
(4) = Kemampuan melewatkan sedimen
(5) = Kemampuan melewatkan benda-benda hanyut
(6) = Jumlah bacaan papan duga pada aliran moduler
(7) = Biaya pembuatan relatif

+ + baik sekali
+ baik
- + memadai
- tidak memadai
- - jelek

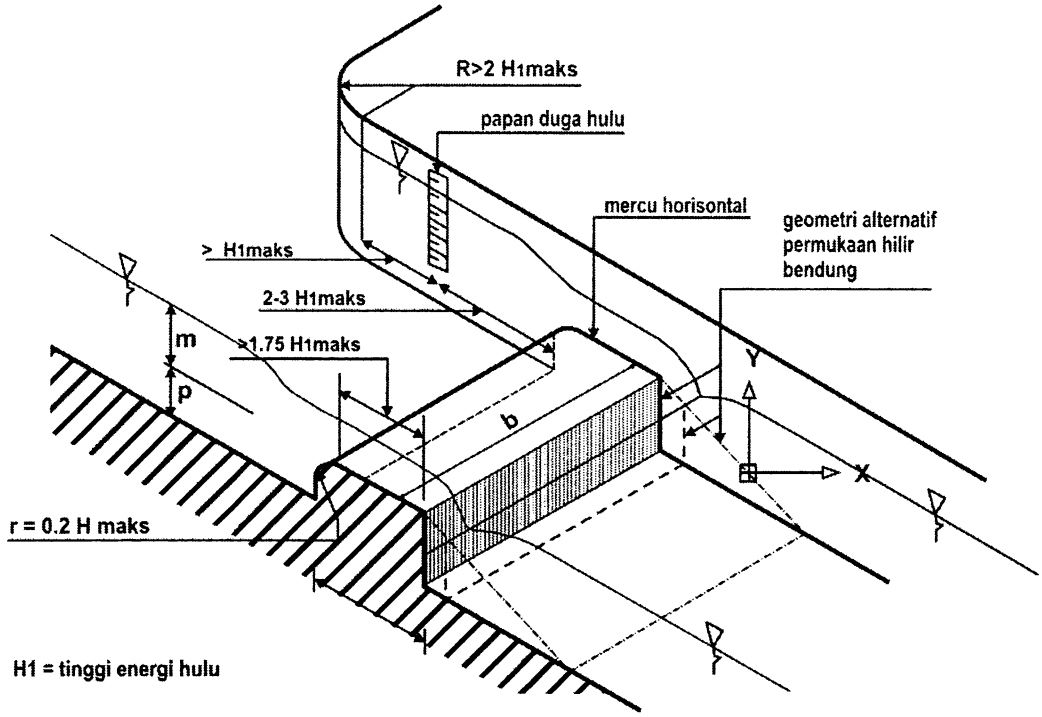
2.2.1 Tipe

Alat ukur ambang lebar adalah bangunan aliran atas (*overflow*), untuk ini tinggi energi hulu lebih kecil dari panjang mercu. Karena pola aliran diatas alat ukur ambang lebar dapat ditangani dengan teori hidrolika yang sudah ada sekarang, maka bangunan ini bisa mempunyai bentuk yang berbeda-beda, sementara debitnya tetap serupa. Gambar 2-1. dan Gambar 2-2. memberikan contoh alat ukur ambang lebar.

Mulut pemasukan yang dibulatkan pada alat ukur Gambar 2-1. dipakai apabila konstruksi permukaan melengkung ini tidak menimbulkan masalah dalam pelaksanaan, atau jika berakibat diperpendeknya panjang bangunan. Hal ini sering terjadi bila bangunan dibuat dari pasangan batu.

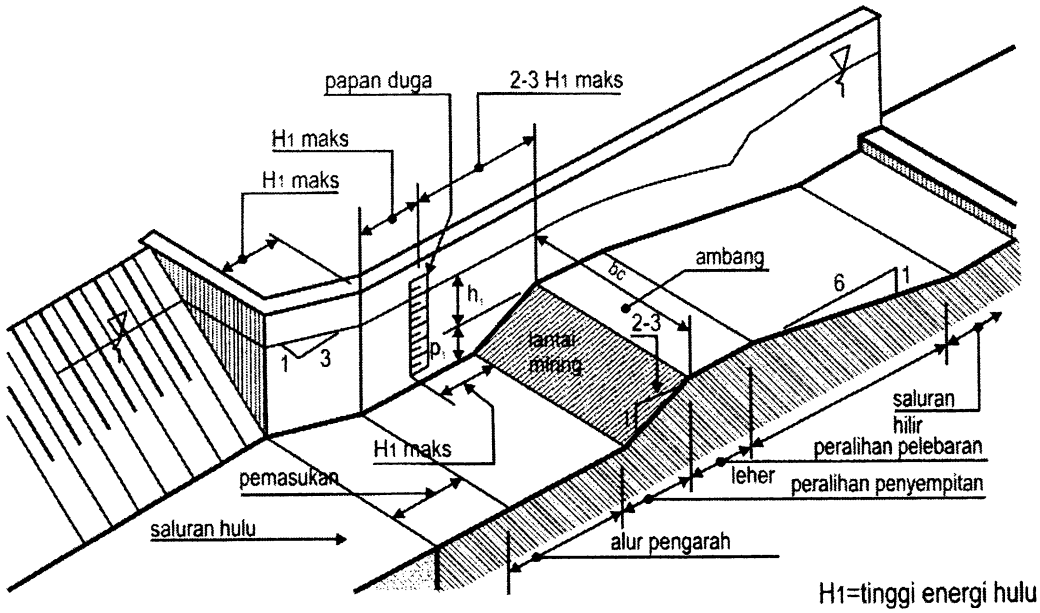
Tata letak pada Gambar 2-2. hanya menggunakan permukaan datar saja. Ini merupakan tata letak paling ekonomis jika bangunan dibuat dari beton.

Gambar 2-1. memperlihatkan muka hilir vertikal bendung; Gambar 2-2. menunjukkan peralihan pelebaran miring 1:6. Yang pertama dipakai jika tersedia kehilangan tinggi energi yang cukup diatas alat ukur. Peralihan pelebaran hanya digunakan jika energi kinetik diatas mercu dialihkan kedalam energi potensial di sebelah hilir saluran. Oleh karena itu, kehilangan tinggi energi harus sekecil mungkin. Kalibrasi tinggi debit pada alat ukur ambang lebar tidak dipengaruhi oleh bentuk peralihan pelebaran hilir.



Gambar 2-1. Alat Ukur Ambang Lebar dengan Mulut Pemasukan yang Dibulatkan

Penggunaan peralihan masuk bermuka bulat atau datar dan peralihan penyempitan tidak mempunyai pengaruh apa-apa terhadap kalibrasi. Permukaan-permukaan ini harus mengarahkan aliran ke atas mercu alat ukur tanpa kontraksi dan pemisahan aliran. Aliran diukur diatas mercu datar alat ukur horizontal.



Gambar 2-2. Alat Ukur Ambang Lebar dengan Pemasukan Bermuka Datar dan Peralihan Penyempitan

2.2.2 Perencanaan Hidrolis

Persamaan debit untuk alat ukur ambang lebar dengan bagian pengontrol segi empat adalah:

$$Q = C_d C_v \times \frac{2}{3} \times \sqrt{\frac{2}{3} \times g} \times b_c \times h_1^{1.5} \quad \text{..... 2-1}$$

Dimana:

Q = debit m^3/dt

C_d = koefisien debit

= $0{,}93 + 0{,}10\ H_1/L$, untuk $0{,}1 < H_1/L < 1{,}0$

H_1 = tinggi energi hulu, m

L = panjang mercu, m

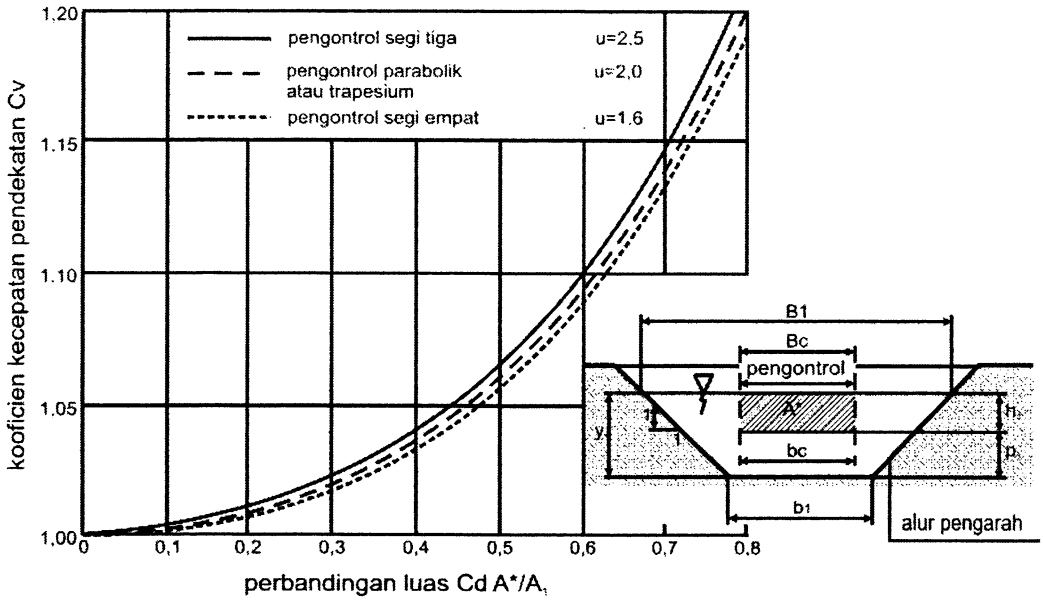
C_v = koefisien kecepatan datang

g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx 9{,}8\ m/dt^2$)

b_c = lebar mercu, m

h_1 = kedalaman air hulu terhadap ambang bangunan ukur, m

Harga koefisien kecepatan datang dapat dicari dari Gambar 2-3., yang memberikan harga-harga Cv untuk berbagai bentuk bagian pengontrol.



Gambar 2-3. Cv Sebagai Fungsi Perbandingan $C_dA^*/A1$

Persamaan debit untuk alat ukur ambang lebar bentuk trapesium adalah:

$$Q = C_d\{b_c y_c + m_c^2\}\{2g(H_1 - y_c)\}^{0,5} \quad \text{.....2-2}$$

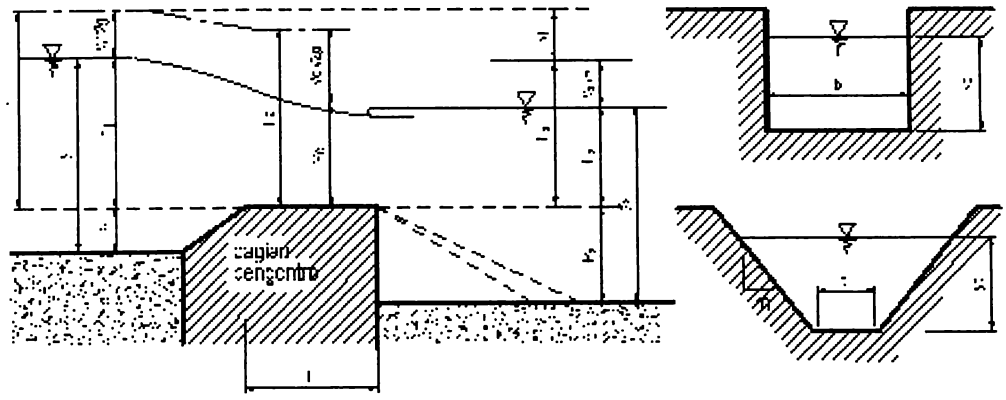
Dimana:

b_c = lebar mercu pada bagian pengontrol, m

y_c = kedalaman air pada bagian pengontrol, m

m = kemiringan samping pada bagian pengontrol (1 : m)

Arti simbol-simbol lain seperti pada persamaan 2-1.Gambar 2-4. memberikan ilustrasi arti simbol-simbol yang digunakan oleh kedua tipe alat ukur ambang lebar ini.



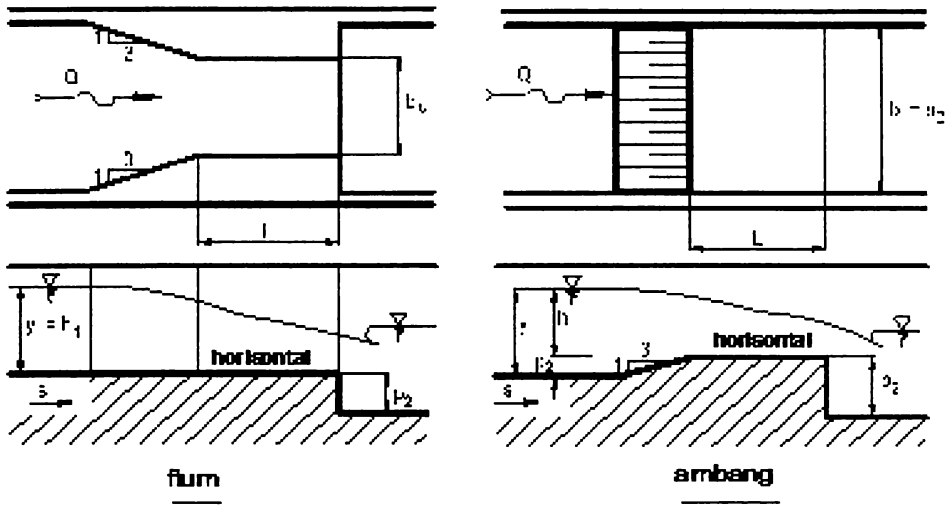
Gambar 2-4. Ilustrasi Peristilahan yang Digunakan

2.2.3 *Flum* Dasar Rata

Rumus untuk alat ukur ambang lebar yang dipakai untuk merencanakan *flum* leher panjang bangunan dengan tinggi ambang nol. Dalam hal ini panjang peralihan serta panjang ambang diwujudkan ke dalam dimensi kontraksi. *Flum* dan alat ukur pada Gambar 2-5. adalah bangunan-bangunan air serupa dengan kemampuan ukur yang sama.

2.2.4 Batas Moduler

Batas moduler untuk alat ukur ambang lebar bergantung kepada bentuk bagian pengontrol dan nilai banding ekspansi hilir (lihat Tabel 2-2.).

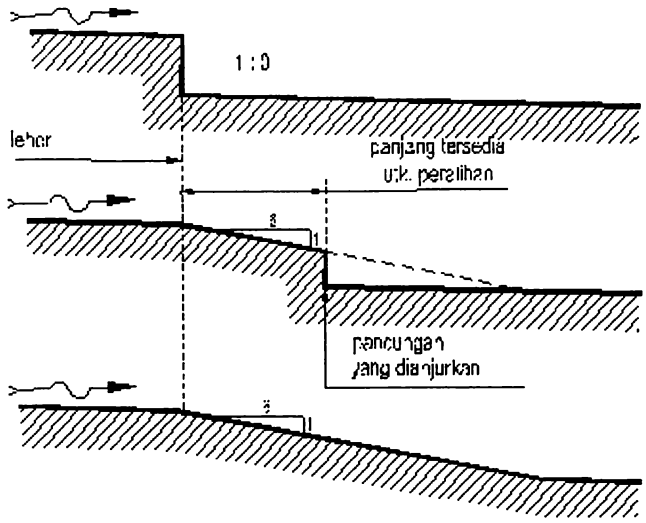


Gambar 2-5. Dimensi Flum dan Alat Ukur

Tabel 2-2. Harga-Harga Minimum Batas Moduler (H_2/H_1)

Ekspansi vertikal/horizontal	Alat ukur		Flum dasar rata-rata	
	Pengontrol	Pengontrol	Pengontrol	Pengontrol
1:0	0,70	0,75	0,74	0,80
1:6	0,79	0,85	0,82	0,88

Nilai banding ekspansi 1:6 diilustrasikan pada Gambar 2-6. dibawah ini. Dalam gambar itu ditunjukkan cara untuk memotong ekspansi, yang hanya akan sedikit saja mengurangi efektivitas peralihan.



Gambar 2-6. Peralihan-Peralihan Hilir

2.2.5 Besaran Debit

Besaran debit dapat diklasifikasikan dengan perbandingan

$$\gamma = \frac{Q_{maks}}{Q_{min}} \quad \text{..... 2-3}$$

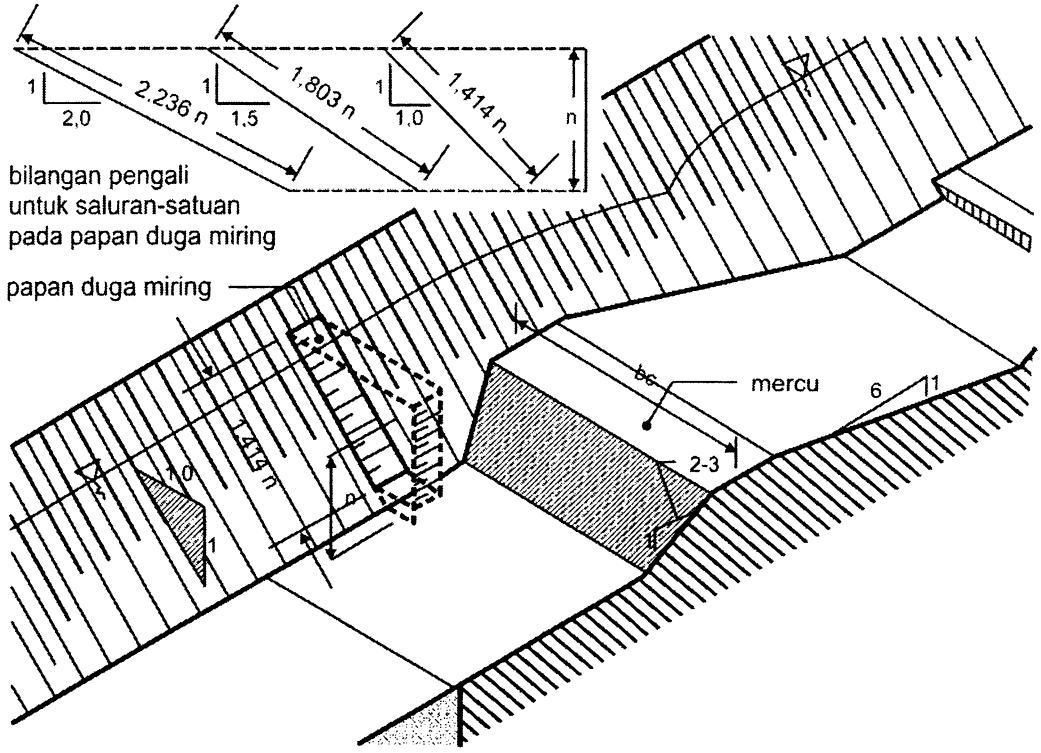
Untuk alat ukur segi empat $\gamma = 35$, untuk alat ukur trapesium $\gamma = 55$ untuk alat ukur besar dan 210 untuk alat ukur kecil.

Pada saluran irigasi nilai banding $\gamma = Q_{maks}/Q_{min}$ jarang melebihi 35.

2.2.6 Papan Duga

Adalah bagian untuk menandai papan duga dengan saluran liter/detik atau meter kubik/detik, selain dengan skala sentimeter. Dalam hal ini tidak diperlukan tabel debit.

Sebuah contoh jarak pandangan papan duga untuk pembacaan langsung papan duga yang dipasang pada dinding, diberikan pada Tabel 2-3. Tabel tersebut menggunakan Gambar 2-7. sebagai bilangan pengali.



Gambar 2-7. Bilangan-Bilangan Pengali untuk Satuan-Satuan yang Dipakai pada Papan Duga Miring

2.2.7 Tabel Debit

Untuk alat ukur ambang lebar bentuk segi empat, disini diberikan tabel debit (Tabel A.2.1) Pada Lampiran II.

Untuk alat ukur trapesium dan saluran dengan lebar dasar yang tidak standar, harus digunakan rumus tinggi energi (*head*) – debit. Tabel A.2.2 (Lampiran II) memberikan harga-harga y_c/H_1 sebagai fungsi m dan H_1/b untuk bagian pengontrol trapesium yang akan digunakan dengan persamaan 2-2.

Tabel 2-3. Contoh Hubungan Antara Jarak Vertikal dan Kemiringan Samping pada Papan Duga untuk Saluran dengan Kemiringan Talut 1:1,5

Debit Q (m^3/dt)	Tinggi Vertikal H_1 (m)	Jarak Kemiringan Samping hs (m)
0,20	0,117	0,211
0,60	0,229	0,413
0,80	0,273	0,492
1,00	0,311	0,561
1,20	0,347	0,626
1,40	0,379	0,683
1,60	0,410	0,739
1,80	0,439	0,792
2,00	0,466	0,840
2,20	0,492	0,887
2,40	0,517	0,932
2,60	0,541	0,975
2,80	0,564	1,016
3,00	0,586	1,057

2.2.8 Karakteristik Alat Ukur Ambang Lebar

- Asal saja kehilangan tinggi energi pada alat ukur cukup untuk menciptakan aliran krisis, tabel debit dapat dihitung dengan kesalahan kurang dari 2%.

- Kehilangan tinggi energi untuk memperoleh aliran moduler (yaitu hubungan khusus antara tinggi energi hulu dengan mercu sebagai acuan dan debit) lebih rendah jika dibandingkan dengan kehilangan tinggi energi untuk semua jenis bangunan yang lain.

- Sudah ada teori hidrolika untuk menghitung kehilangan tinggi energi yang diperlukan ini, untuk kombinasi alat ukur dan saluran apa saja.

- Karena peralihan penyempitan yang bertahap (*gradual*), alat ukur ini mempunyai masalah sedikit saja dengan benda-benda hanyut.

- Pembacaan debit di lapangan mudah, khususnya jika papan duga diberi satuan debit

(misal m^3/dt).

- Pengamatan lapangan dan laboratorium menunjukkan bahwa alat ukur ini mengangkut sedimen, bahkan disaluran dengan aliran subkritis.
- Asalkan mercu datar searah dengan aliran, maka tabel debit pada dimensi purnalaksana (*as-built dimensions*) dapat dibuat, bahkan jika terdapat kesalahan pada dimensi rencana selama pelaksanaan sekali pun. Kalibrasi purnalaksana demikian juga memungkinkan alat ukur untuk diperbaiki kembali, bila perlu.
- Bangunan kuat, tidak mudah rusak
- Dibawah kondisi hidrolis dan batas yang serupa, ini adalah yang paling ekonomis dari semua jenis bangunan lain untuk pengukuran debit secara tepat.
- Alat ukur ini hanya dapat dipergunakan untuk aliran yang tidak tenggelam

2.2.9 Kelebihan Alat Ukur Ambang Lebar

- Bentuk hidrolis luwes dan sederhana
- Konstruksi kuat, sederhana dan tidak mahal
- Benda-benda hanyut dapat lewat dengan mudah
- Eksploitasi mudah

2.2.10 Kelemahan Alat Ukur Ambang Lebar

- Bangunan ini hanya dapat dipakai sebagai bangunan pengukur
- Hanya untuk aliran yang tidak tenggelam.

2.2.11 Penggunaan Alat Ukur Ambang Lebar

Alat ukur ambang lebar dan flum leher panjang adalah bangunan-bangunan pengukur debit yang dipakai di saluran dimana kehilangan tinggi energi merupakan hal pokok

yang menjadi bahan pertimbangan. Bangunan ini biasanya ditempatkan dibawah saluran primer, pada titik cabang saluran besar dan tepat di hilir pintu sorong pada titik masuk petak tersier.

2.3 *Orifice Constant Head*

2.3.1 Alat Ukur *Orifice Constant Head*

Alat ukur ini dipakai untuk penyadapan air untuk areal yang relatif kecil. Penempatannya diperhitungankan terhadap keadaan topografi dan ekonominya seperti dalam Gambar 2-8.

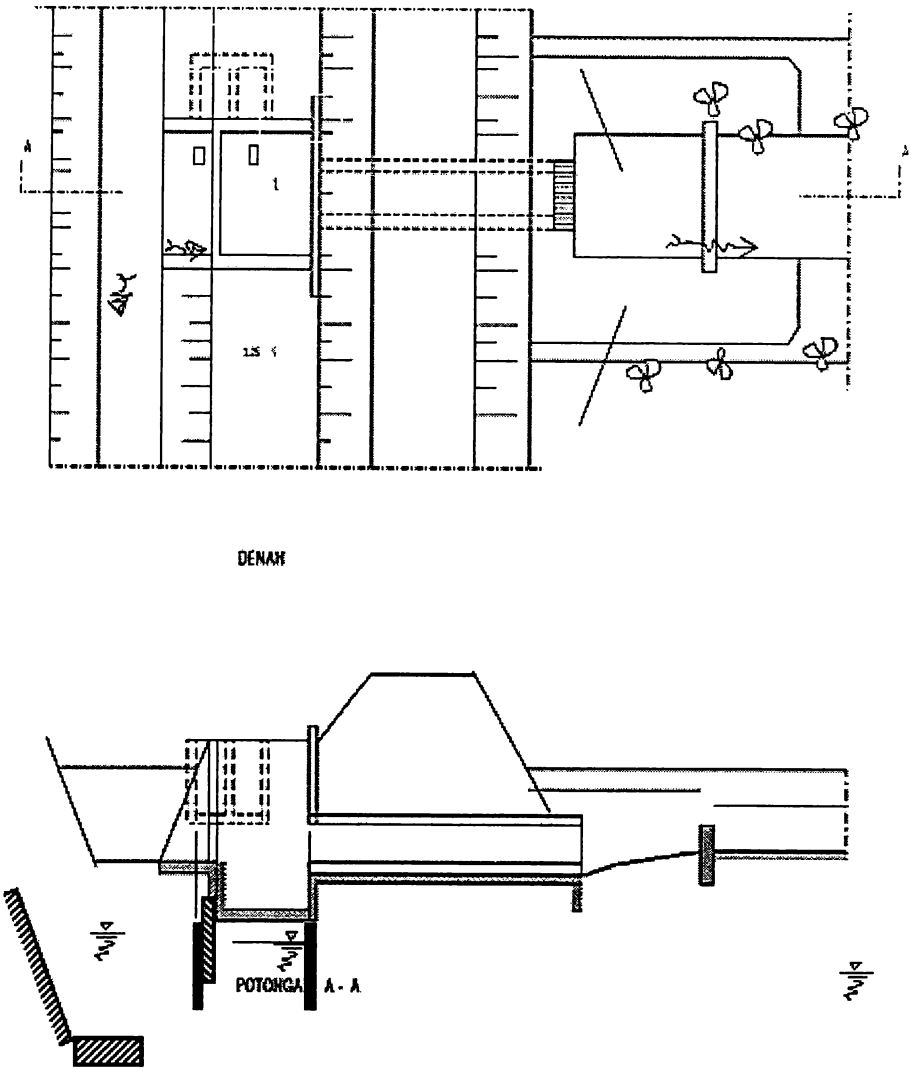
2.3.2 Bentuk Hidrolis

Pengalirannya adalah pengaliran lewat lubang.

Alat ukur ini terdiri dari:

1) Kolam penenang muka air dengan dibatasi dengan dua pintu pengatur muka air. Pintu penyadap di hulu kolam dan pintu pengeluaran di hilir nya yaitu dengan pipa. Perbedaan muka air di saluran yang disadap dan kolam dapat dibuat konstan dengan penyetelan kedua pintu tersebut diatas.
2) Ambang (*sill*) di hilir gorong-gorong pembawa juga berfungsi juga mengontrol muka air di bagian dalam kolam.

Alat ukur ini dipasang tegak lurus terhadap saluran yang disadap.



Gambar 2-8. Alat Ukur *Orifice Constan Head*

2.3.3 Kapasitas dan Karakteristik

Kapasitas penyadapan ditentukan atas pembukaan pintu penyadap (pintu di hulu kolam) dan membuat perbedaan muka air (Z) konstan melalui penyetelan pintu di hilir kolam.

Alat ukur ini dibatasi untuk $Q \leq 1{,}5$ m^3/dt.

Untuk $Q \leq 0{,}6$ m^3/dt. maka $Z = 0{,}06$ m.

$0{,}6 > Q \leq 1{,}5$ m^3/dt. maka $Z = 0{,}12$ m.

2.3.4 Perhitungan Hidrolis

$$Q = C \times A\sqrt{2gZ} \quad \text{2-4}$$

dimana:

Q = debit m^3/s

C = koefisien aliran bebas (*free flow coefficient*) = 0,7

A = Luas lubang (m^2)

Z = perbedaan muka air (m)

2.3.5 Dimensi

Ditetapkan dari perhitungan hidrolis untuk tembok sayap minimum 30 cm.

2.4 *Throated Flume*

2.4.1 Alat Ukur *Long-Throated Flume*

Bangunan ukur *long-throated flume* dapat digunakan sebagai pilihan karena bangunan itu mudah dibuat dan bisa mempunyai bentuk yang sederhana, bangunan ini mudah disesuaikan dengan tipe saluran apa saja.

Bangunan ini terdiri dari bagian transisi, yaitu bagian yang menghubungkan saluran dengan *flume*, bagian ini berbentuk prismatik dimana transisi dinding dan lantai bisa lurus (*plane*) atau *cylindrical*, jika menggunakan *cylindrical* disarankan menggunakan r sama dengan 2 H_1 maksimal. Sedangkan jika berbentuk lurus (*plane*) disarankan dengan kemiringan 1:3.

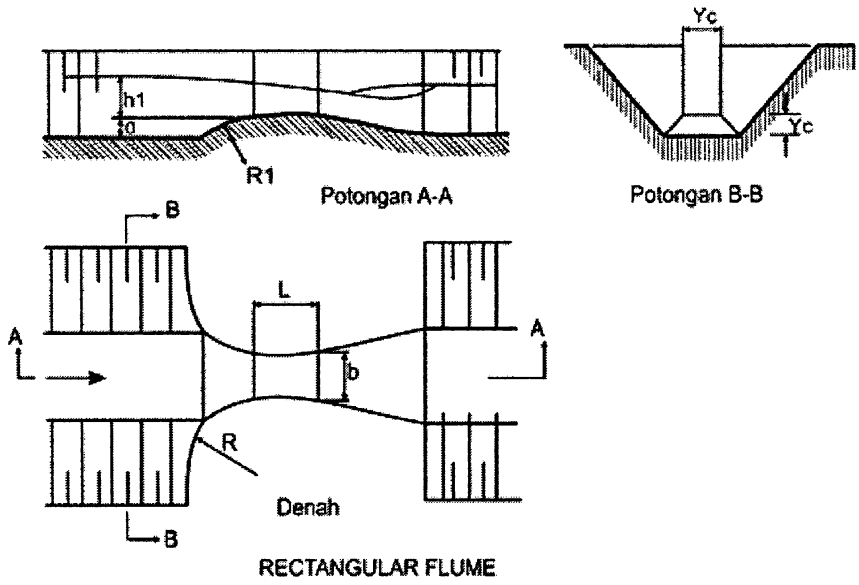
Hubungan tunggal antara muka air hulu dan debit mempermudah pembacaan debit secara langsung dari papan duga, tanpa memerlukan tabel debit. Selain itu yang

cukup menjadi alasan penting untuk memilih tipe ini adalah kehilangan energi antara hulu dan hilirnya yang kecil.

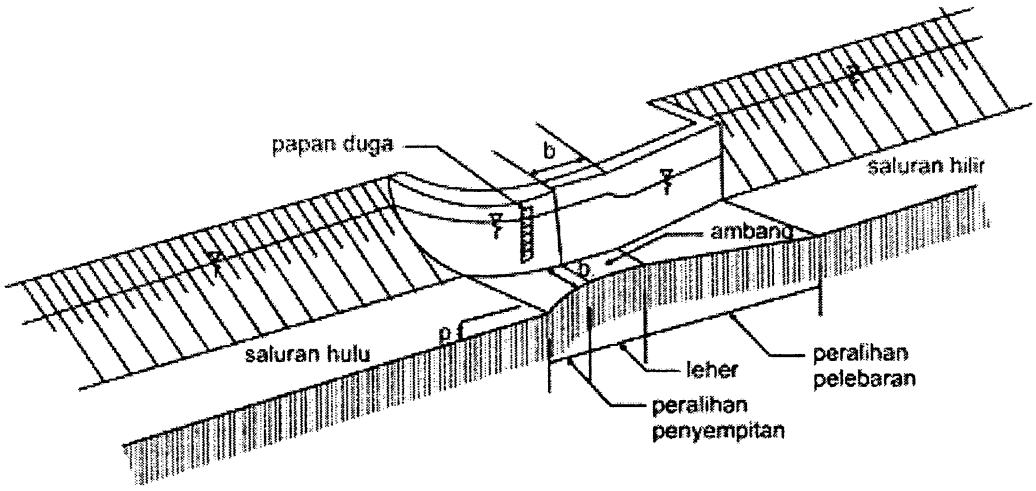
Dalam kondisi *flume* menggunakan tonjolan/ambang maka disarankan panjang transisi dinding dengan lantai dasar sama, lantai dan dinding ambang harus dimulai pada titik yang sama. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2-9.

Dalam hal bangunan ini menggunakan lantai *flume* yang rata maka, lantai dari transisi masuk harus rata dan tidak boleh lebih tinggi terhadap awal dari *flume*, panjang transisi lebih dari 1,0 H (tinggi muka air maksimum pada *upstream the head measurement station*. *The head measurement station* (papan duga) diletakkan di *upstream flume* dengan jarak setara 2 sampai 3 kali tinggi muka air maksimum yang terukur.

Walaupun bagian transisi *upstream* dibuat *cylindrical* (lengkung), transisi bagian *downstream* harus dibuat lurus (*plane*).



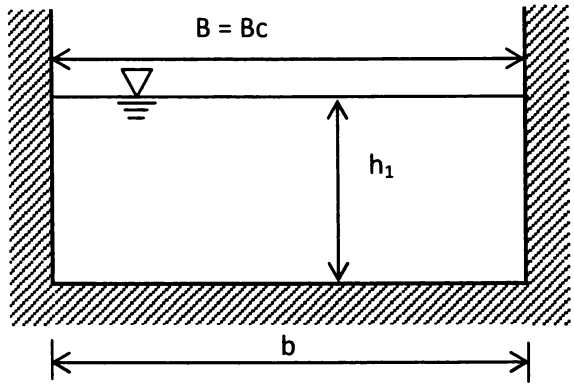
Gambar 2-9. Bentuk-Bentuk Transisi *Rectangular Long Throated Flume*



Gambar 2-10. Potongan Memanjang Alat Ukur *Long Throated Flume*

2.4.1.1 Perencanaan Hidrolis

Persamaan debit untuk alat ukur *Long-throated flume*, ditulis sebagai berikut sesuai dengan bentuk ambang kontrolnya:



$$Q = C_d C_v \frac{2}{3}\left(\frac{2}{3}g\right)^{1/2} b h_1^{3/2} \quad \text{.....2-5}$$

dimana:

Q =debit m^3/dt

C_d = koefisien debit

C_d = fungsi dari ratio H_1/L, Gambar 2-11. menunjukan hubungan tersebut.

H_1 = tinggi energi, m

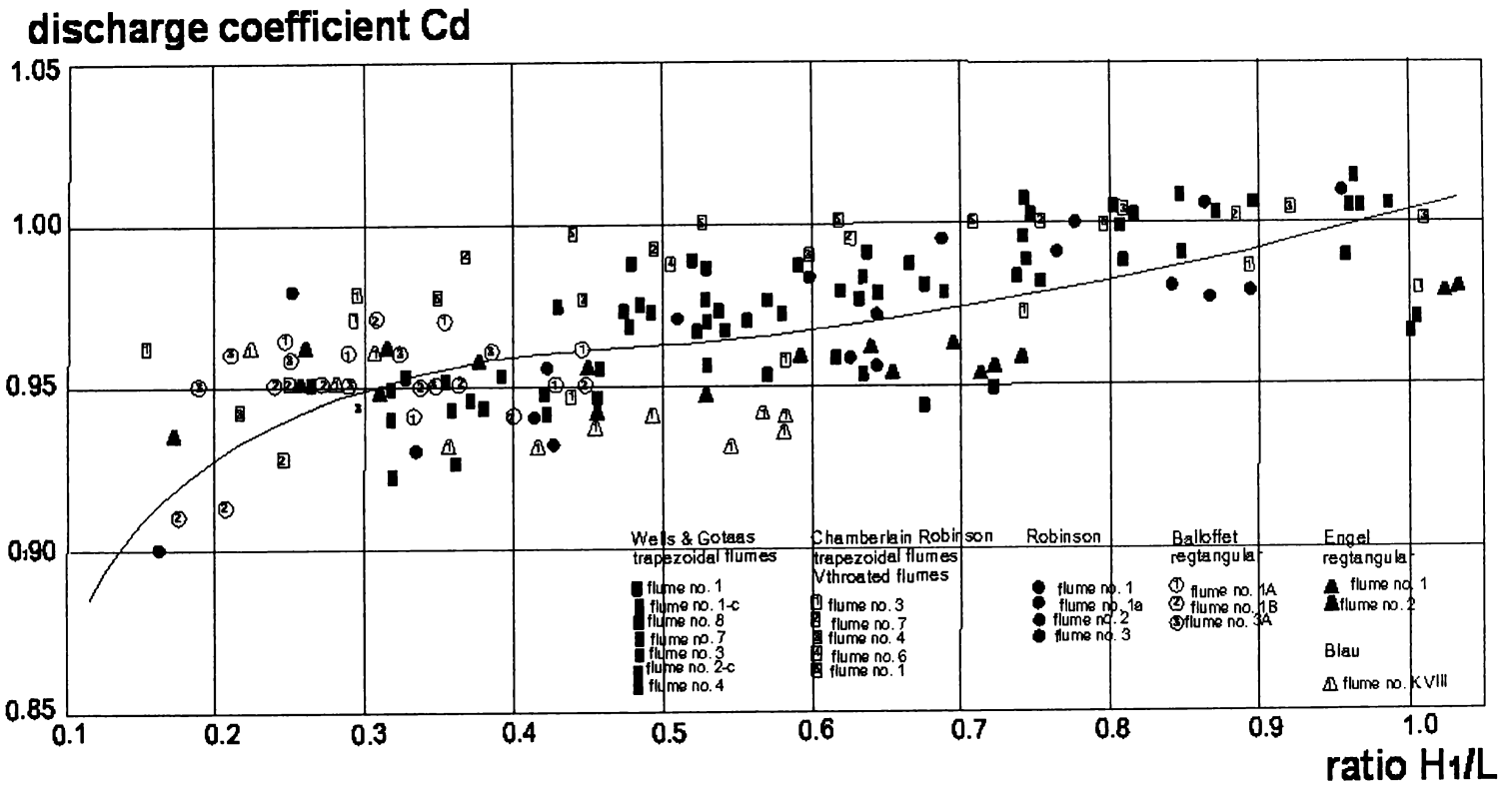
L = panjang mercu, m

C_v = koefisien kecepatan dating

g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx 9{,}8\ m/dt^2$)

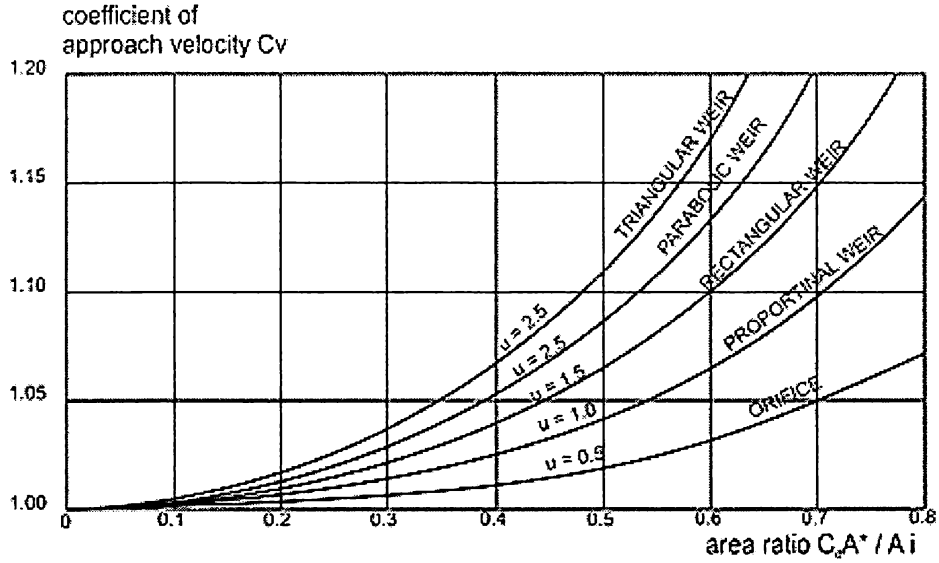
B = lebar, m

h_1 = kedalaman air hulu terhadap ambang bangunan ukur, m.



Gambar 2-11. Grafik Hubungan Cd dengan Fungsi H_1/L

Harga koefisien kecepatan datang dapat dicari dari Gambar 2-12., yang memberikan harga-harga C_v untuk berbagai bentuk bagian pengontrol.



A* = penampang basah di titik kontrol jika kedalaman air y = h1
Ai = penampang basah di bangunan ukur

Gambar 2-12. Koefisien Kecepatan Datang untuk Berbagai Bentuk Bagian Pengontrolan

2.4.1.2 Batas Modular

Batas modular tergantung dari bentuk transisi hulu (*upstream*) dan transisi hilir (*downstream*). Untuk menghitung batas modular pada bagian pengeluaran dihitung dengan cara sebagai berikut:

Jika dituliskan persamaan debit untuk *long throated flume* seperti persamaan 2-6:

$$Q = constant\ Cd\ b\ H_1^{\mu} \quad \text{..... 2-6}$$

Pada persamaan diatas Cd adalah koefisien yang mengoreksi tinggi energi bagian *upstream* H_1 menjadi *energy head* H pada bagian kontrol, dalam kondisi $0,1 < H_1/L < 0,33$ maka nilai H_1 dapat diganti dengan H menjadi:

$$Q = constant\ bH^{\mu} \quad \text{..... 2-7}$$

Sehingga kombinasi dari persamaan 2-6 dan 2-7 menjadi:

$$H_1 Cd^{1/\mu} = H \text{ atau } H_1 - H = H_1\left(1 - Cd^{1/\mu}\right) \quad \text{..... 2-8}$$

Persamaan 2-8 diatas merupakan persamaan untuk menghitung kehilangan tinggi energi diantara alat ukur dan titik kontrol.

Dihilir titik kontrol kehilangan tinggi energi dihitung dengan:

$$H - H_2 = x\frac{(v - v_2)}{2g} + \Delta H_f \quad \text{..... 2-9}$$

Dari substitusi persamaan 2-8 dan 2-9 maka persamaan berikut ini memberikan nilai batas modular dari alat ukur *long throat flume*:

$$\frac{H_2}{H_1} = C_d^{1/\mu} - x\frac{(v - v_2)}{2g} - \frac{\Delta H_f}{H_1} \quad \text{..... 2-10}$$

2.4.1.3 Kelebihan Alat Ukur *LongThroated Flume*

- Bentuk hidrolis luwes dan sederhana
- Konstruksi kuat, sederhana dan tidak mahal
- Benda-benda hayut bisa dilewatkan dengan mudah
- Eksploitasi mudah
- Kehilangan energi kecil
- Akurasi pengukurannya baik

2.4.1.4 Kelemahan Alat Ukur *Long Throat Flume*

- Bangunan ini hanya dapat dipakai sebagai bangunan pengukur saja
- Perlu ruang yang cukup supaya aliran cukup stabil, sehingga pengukurannya akurat.

2.4.1.5 Batas Penggunaan Alat Ukur *LongThroated Flume*

Agar kecermatan dalam pengukuran dapat dicapai, maka batasan-batasan dibawah ini perlu diperhatikan:

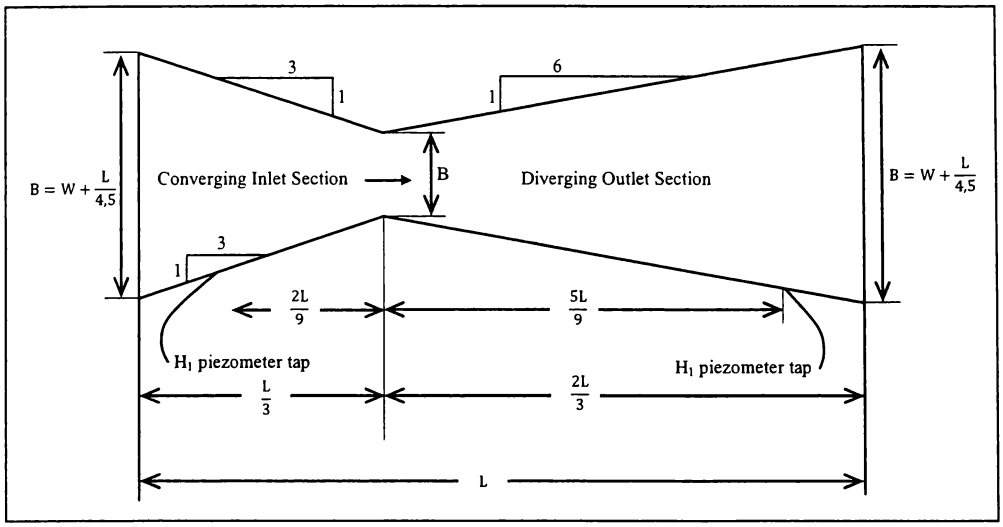
- Batasan paling rendah dari h_1 adalah berhubungan dengan besarnya pengaruh terhadap properti aliran, batas kekasaran, namun direkomendasikan 0,06 m atau 0,1 L, dari keduanya diambil yang lebih besar.
- Angka *Froude* pada saluran tidak lebih 0,5.
- Ratio H_1/L sebaiknya antara 0,1 sampai 1,0.Hal ini untuk mencegah aliran pada *flume* tidak bergelombang.
- Lebar permukaan air B di *throat* pada kondisi maksimal tidak boleh kurang dari 0,30 m, atau kurang dari H_1 max, atau kurang dari L/5.

Alat ukur *long throated flume* adalah bangunan-bangunan pengukur debit yang dipakai di saluran dimana kehilangan tinggi energi merupakan hal pokok yang menjadi bahan pertimbangan. Bangunan ini ditempatkan di hilir pintu sorong pada titik masuk petak tersier.

2.4.2 Alat Ukur *Cut-throated Flume*

Alat ukur ini mirip dengan *long throated flume*, tetapi tidak mempunyai *throated*. Alat ukur ini hanya boleh digunakan dalam hal ruang yang tersedia tidak mencukupi jika menggunakan alat ukur *long throated flume*, karena perilaku hidrolisnya yang lebih rumit.

Selain itu *Cut Throated Flume* (CTF) dikembangkan akhir-akhir ini untuk menanggulangi beberapa kerumitan dalam pembuatan dan konstruksi *Parshall Flume* (PF).



Gambar 2-13. Sketsa *Cut Throat Flume*

Gambar 2-13. memperlihatkan bentuk dari *Cut Throat Flume*. *Flume* ini mempunyai lantai dasar yang datar dan dinding vertikal. Seperti pada *Parshal Flume*, *Cut Throat Flume* dapat beroperasi baik pada kondisi aliran bebas maupun tenggelam.

Keuntungan *Cut Throat Flume* dibandingkan dengan *Parshal Flume* adalah:

- Konstruksi lebih sederhana karena dasar datar dan tidak adanya bagian tenggorokan
- Karena sudut bagian penyempitan dan pengembangan tetap sama untuk semua *flume*, maka ukuran *flume* dapat diubah dengan menggerakkan dinding ke dalam atau ke luar.
- Daftar debit dari suatu ukuran *flume* dapat dikembangkan dari daftar debit yang tersedia.

2.4.2.1 Penentuan Debit dalam Kondisi Aliran Bebas

$$Q = C\,H_a^n \quad \text{..... 2-11}$$

dimana:

Q = debit m^3/s

C = koefisien aliran bebas (*free flow coefficient*)

H_a = kedalaman aliran sebelah hulu (*upstream flow depth*) (m)

$$C = K\,W^{1,025} \quad \text{..... 2-12}$$

dimana:

K = koefisien panjang *flume* (*flume length coefficient*)

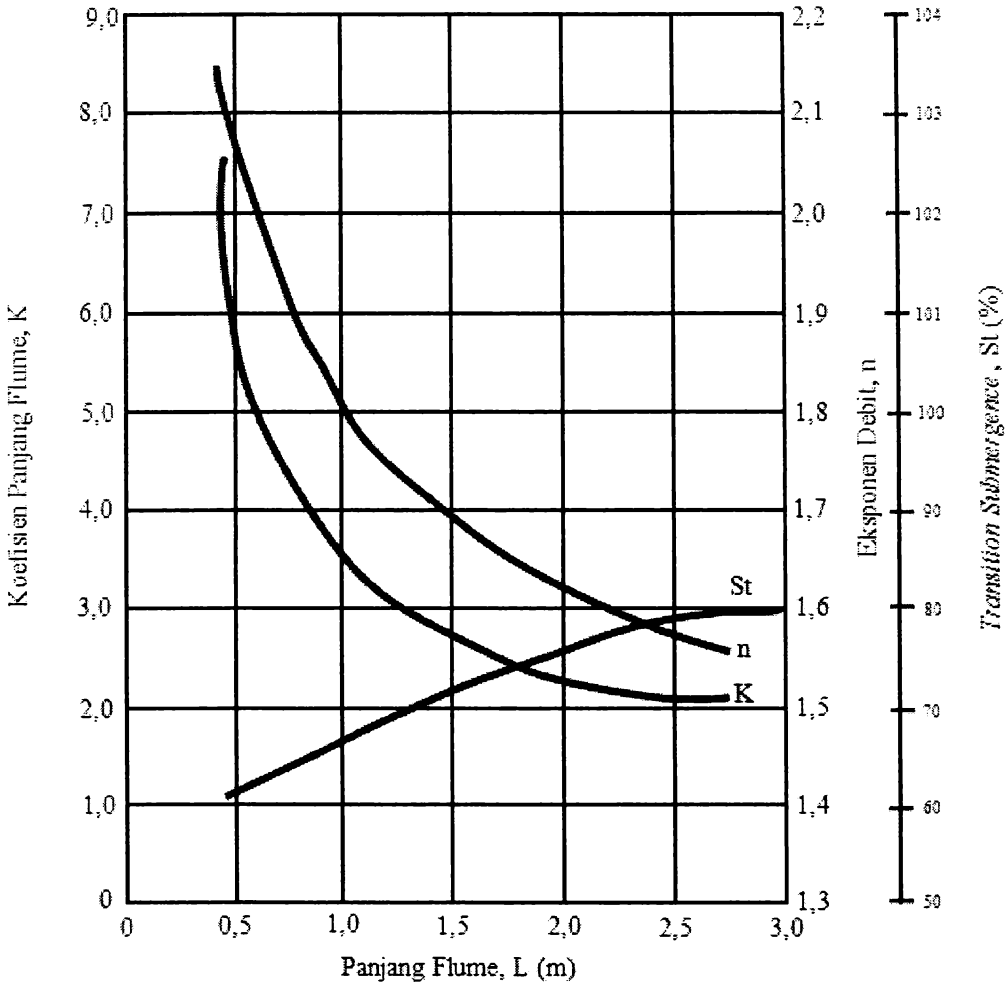
W = lebar tenggorokan/*throat* (m)

Nilai K dan n (*flow exponent*) didapat dari Tabel 2-4. untuk panjang *flume* (L) tertentu. Untuk pengukuran debit yang teliti nisbah Ha/L harus ≤ 0,4.

Naiknya nilai nisbah tersebut menyebabkan berkurangnya ketelitian. Berdasarkan Gambar 2-14., dapat disusun nilai K, n, dan St untuk berbagai nilai L (panjang *flume*) seperti pada Tabel 2-4.

Tabel 2-4. Nilai K, n dan St untuk Berbagai Panjang *Cut Throat Flume*

Panjang *Flume* L (m)	**K**	**n**	**St**
0,50	5,75	2,07	0,60
0,75	4,30	1,90	0,63
1,00	3,50	1,80	0,66
1,50	2,70	1,68	0,72
2,00	2,30	1,63	0,76
2,50	2,10	1,57	0,78



Gambar 2-14. Generalisasi Koefisien Aliran Bebas dan Nilai Eksponen N, Serta St untuk Ctf (Satuan dalam Metrik)

2.4.2.2 Pemasangan *Cut Throat Flume* untuk Mendapatkan Kondisi Aliran Bebas

Data dan informasi yang diperlukan:

- Debit maksimum yang akan diukur
- Kedalaman aliran pada debit tersebut
- *Head loss* yang diijinkan (*allowable head loss*) melalui *flume*

Untuk tujuan rancangan, *head loss* dapat diambil sebagai perubahan elevasi muka air antara bagian yang masuk dengan yang keluar dari *flume*. Kedalaman *downstream* sama dengan kedalaman semula sebelum pemasangan *flume*, sedangkan kedalaman aliran di *upstream* akan naik sebesar *head loss*.

Kenaikkan ini dibatasi oleh tinggi jagaan di *upstream*. Karena W dihitung dalam rumus debit, maka W harus dipasang secara tepat. Jika *Cut Throat Flume* akan dibangun dari beton, maka pada tenggorokan harus dipasang besi siku supaya ukuran W tepat.

Sebagai pedoman yang harus diikuti adalah $H_a/L \leq 0{,}4$. Pengukuran *head* (Ha atau Hb) dapat menggunakan *peil schaal* atau sumuran pada jarak yang telah ditetapkan.

Prosedur pemasangan *Cut Throat Flume* supaya beroperasi dalam kondisi aliran bebas adalah sebagai berikut:

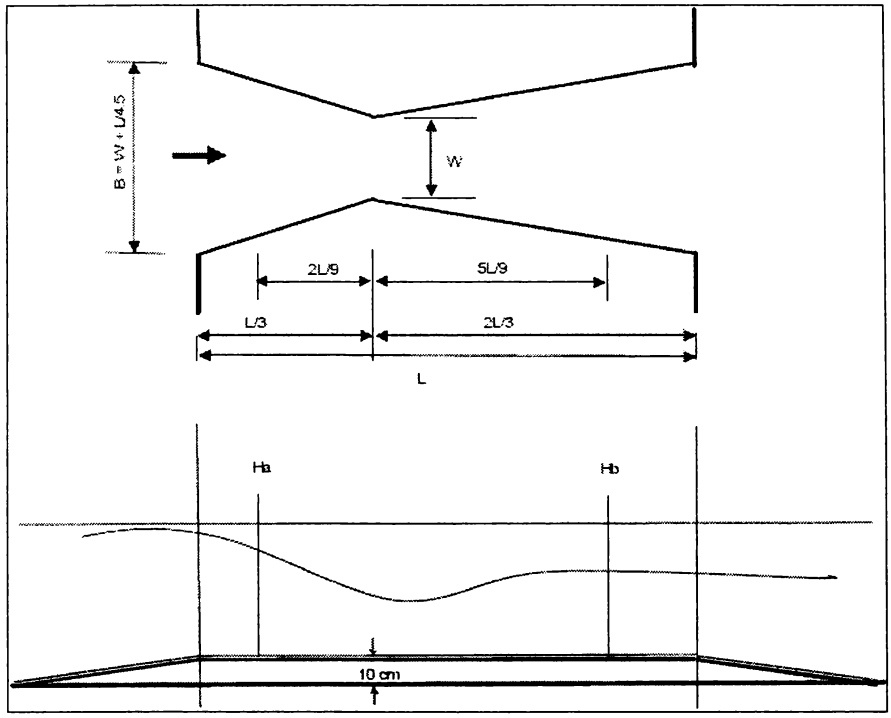
(a) Tentukan debit maksimum yang akan diukur

(b) Pada lokasi dimana *Cut Throat Flume* akan dipasang, buat garis muka air pada tanggul dan maksimum kedalaman aliran yang diijinkan

(c) Dengan menggunakan persamaan $Q = C\ H_a\ n$, hitung H_a pada debit maksimum pada ukuran *Cut Throat Flume* yang akan digunakan

(d) Tempatkan lantai *Cut Throat Flume* pada kedalaman H_b yang tidak boleh melebihi H_a x St atau ($H_b \leq H_a$ x St)

Tidak ada aturan baku mengenai besarnya perbandingan antara W dengan L atau W dengan H_a. Oleh karena itu direkomendasikan perbandingan W dengan L menggunakan data seperti tercantum pada Tabel 2-7. yang didasarkan pada hasil uji-coba di laboratorium. Prosedur tersebut diatas diperagakan dengan ilustrasi seperti pada Gambar 2-15. berikut ini:



Gambar 2-15. *Cut Throath Flume* (Pandangan Atas dan Samping)

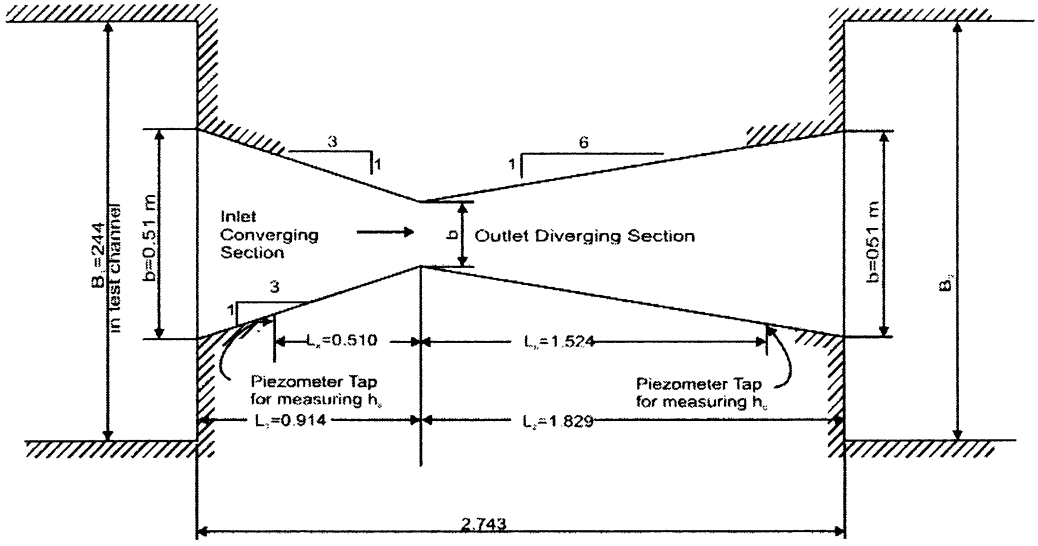
Untuk pengukuran debit di petak tersier sebagai pegangan umum dapat digunakan Tabel 2-5.dibawah ini.

Tabel 2-5. Pegangan Umum Penggunaan *Cut Throat Flume* Di Petak Tersier

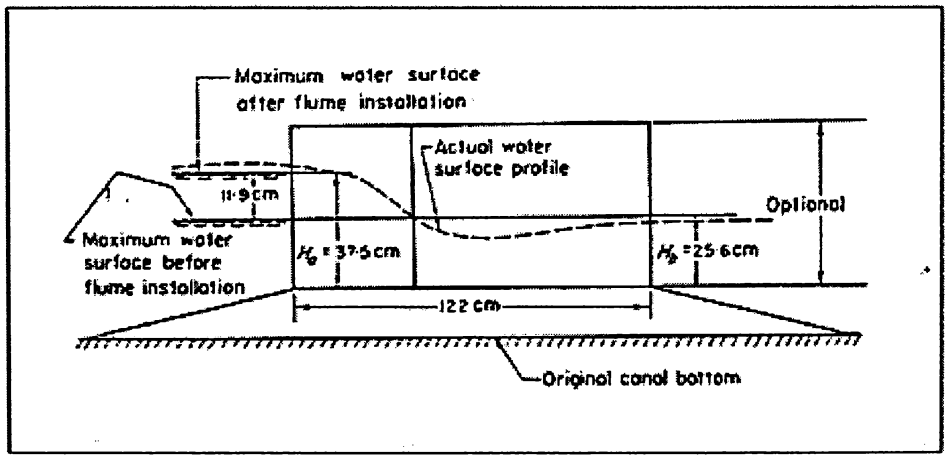
Debit Maksimum (lt/dtk)	L (m)	W (m)	B (m)	Lokasi Pengukuran dari Tenggorokan (m)	
				Ha	Hb
< 10	0,5	0,10	0,21	0,11	0,28
10 – 50	0,5	0,30	0,41	0,11	0,28
50 – 100	1,0	0,60	0,82	0,22	0,56
> 100	1,5	1,00	1,33	0,33	0,83

Keterangan: L = panjang *flume*; W = lebar tenggorokan; B = lebar *flume*

Pelaksanaan di lapangan disesuaikan dengan dimensi saluran yang tersedia. Tinggi dasar *Cut Throat Flume* dari dasar saluran sekitar 10 cm. Sambungan sayap ke tanggul saluran dapat digunakan dinding tegak vertikal seperti pada Gambar 2-16.



Gambar 2-16. Sketsa *Cut-Throat Flume* pada Uji Saluran Laboratorium



Gambar 2-17. Pemasangan *Cut-Throat Flume*

2.5 Alat Ukur *Romijn*

Pintu *Romijn* adalah alat ukur ambang lebar yang bisa digerakkan untuk mengatur dan mengukur debit di dalam jaringan saluran irigasi. Agar dapat bergerak, mercunya dibuat dari pelat baja dan dipasang diatas pintu sorong. Pintu ini dihubungkan dengan alat pengangkat.

2.5.1 Tipe-Tipe Alat Ukur *Romijn*

Sejak pengenalannya pada tahun 1932, pintu *Romijn* telah dibuat dengan tiga bentuk mercu (Gambar 2-18.), yaitu:

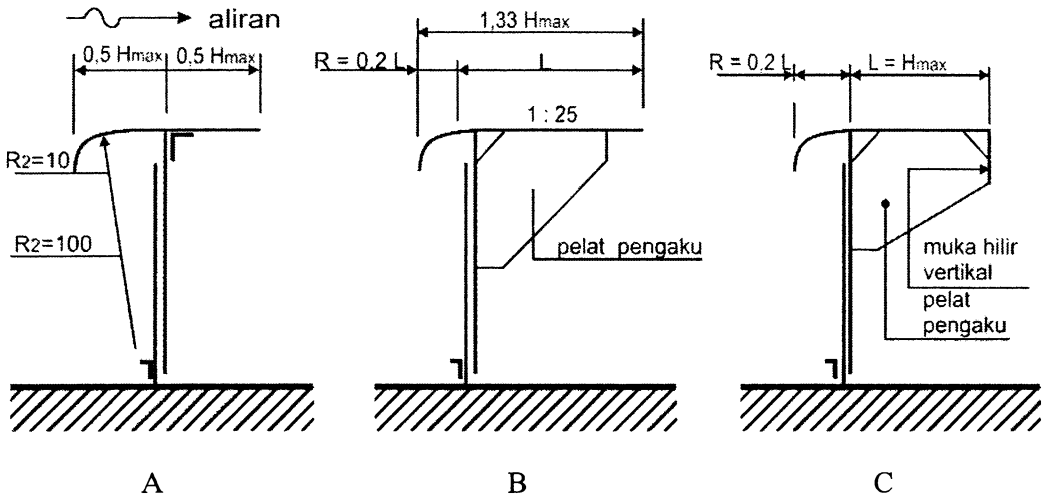
(i) Bentuk mercu datar dan lingkaran gabungan untuk peralihan penyempitan hulu (Gambar 2-18.A)

(ii) Bentuk mercu miring ke atas 1:25 dan lingkaran tunggal sebagai peralihan penyempitan (Gambar 2-18.B)

(iii) Bentuk mercu datar dan lingkaran tunggal sebagai peralihan penyempitan (Gambar 2-18. C)

Mercu Horizontal & Lingkaran Gabungan:

Dipandang dari segi hidrolis, ini merupakan perencanaan yang baik. Tetapi pembuatan kedua lingkaran gabungan sulit, padahal tanpa lingkaran-lingkaran itu pengarahan air diatas mercu pintu bisa saja dilakukan tanpa pemisahan aliran.



Gambar 2-18. Perencanaan Mercu Alat Ukur *Romijn*

Mercu dengan Kemiringan 1:25 & Lingkaran Tunggal:

Vlugter (1941) menganjurkan penggunaan pintu *Romijn* dengan kemiringan mercu 1:25. Hasil penyelidikan model hidrolis di laboratorium yang mendasari rekomendasinya itu tidak bisa direproduksi lagi (*Bos* 1976). Tetapi dalam program riset terakhir mengenai mercu berkemiringan 1:25, kekurangan-kekurangan mercu ini menjadi jelas:

- Bagian pengontrol tidak berada diatas mercu, melainkan diatas tepi tajam hilirnya, dimana garis-garis aliran benar-benar melengkung. Kerusakan terhadap tepi ini menimbulkan perubahan pada debit alat ukur.
- Karena garis-garis aliran ini, batas moduler menjadi 0,25; bukan 0,67 seperti anggapan umumnya. Pada aliran tenggelam $H_2/H_1 = 0,67$, pengurangan dalam aliran berkisar dari 3% untuk aliran rendah sampai 10% untuk aliran tinggi (rencana).

Karena mercu kemiringan 1:25 juga lebih rumit pembuatannya dibandingkan dengan mercu datar, maka penggunaan mercu dengan kemiringan ini tidak dianjurkan.

Mercu Horizontal & Lingkaran Tunggal: (lihat Gambar 2-19.)

Ini adalah kombinasi yang bagus antara dimensi hidrolis yang benar dengan perencanaan konstruksi. Jika dilaksanakan pintu *Romijn*, maka sangat dianjurkan untuk menggunakan bentuk mercu ini.

2.5.2 Perencanaan Hidrolis

Dilihat dari segi hidrolis, pintu *Romijn* dengan mercu horizontal dan peralihan penyempitan lingkaran tunggal serupa dengan alat ukur ambang lebar yang telah dibicarakan pada subbab 2.2. Untuk kedua bangunan tersebut, persamaan antara tinggi dan debitnya adalah:

$$Q = C_d C_v \, 2/3 \sqrt{2/3} \, g \, b_c h_1^{1.5} \quad \text{..... 2-13}$$

dimana:

Q = debit m^3/dt

C_d = koefisien debit

C_v = koefisien kecepatan datang

g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx 9{,}8 m/dt^2$)

b_c = lebar meja, m

h_1 = tinggi energi hulu diatas meja, m

dimana koefisien debit sama dengan

$$C_d = 0{,}93 + 0{,}10 \, H_1/L \quad \text{..... 2-14}$$

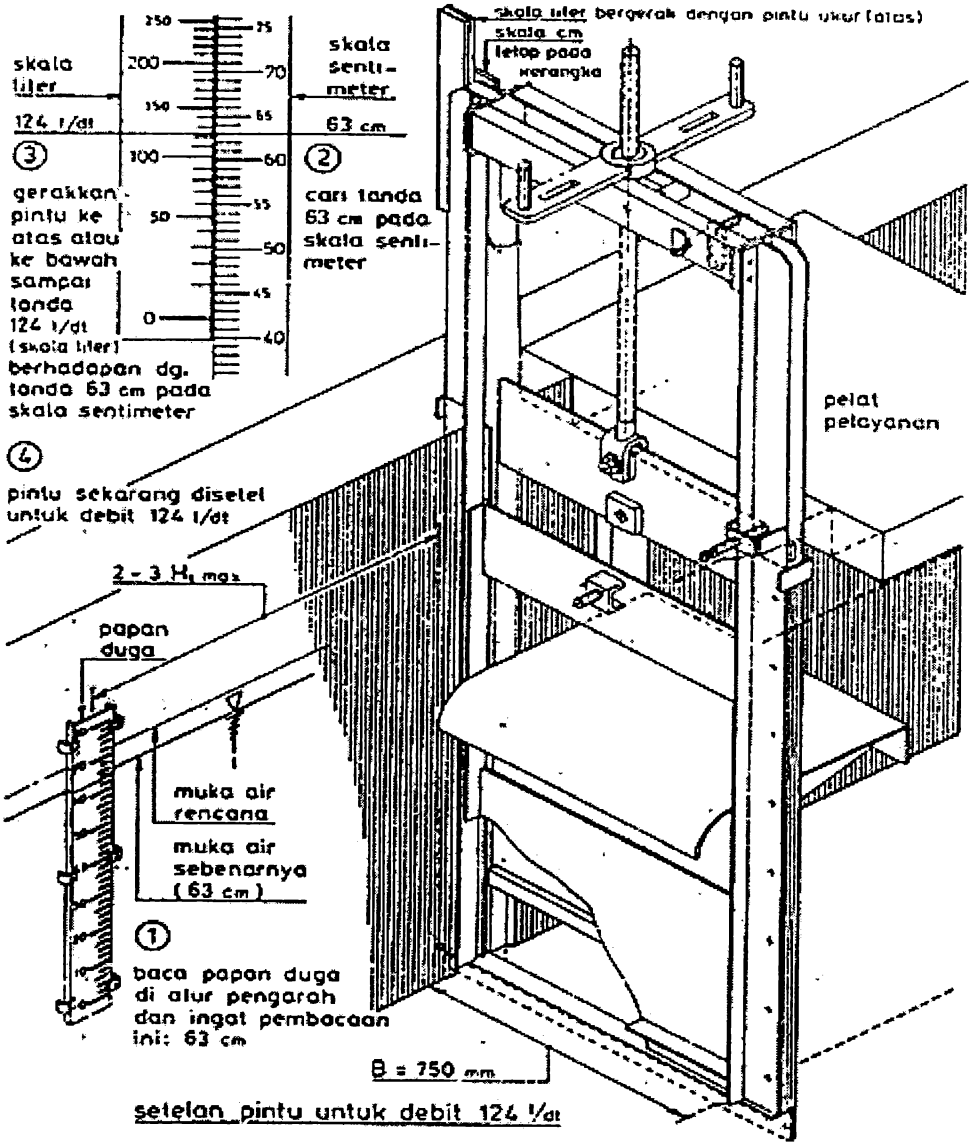
dengan

$$H_1 = h_1 + v_1^2/2g \quad \text{..... 2-15}$$

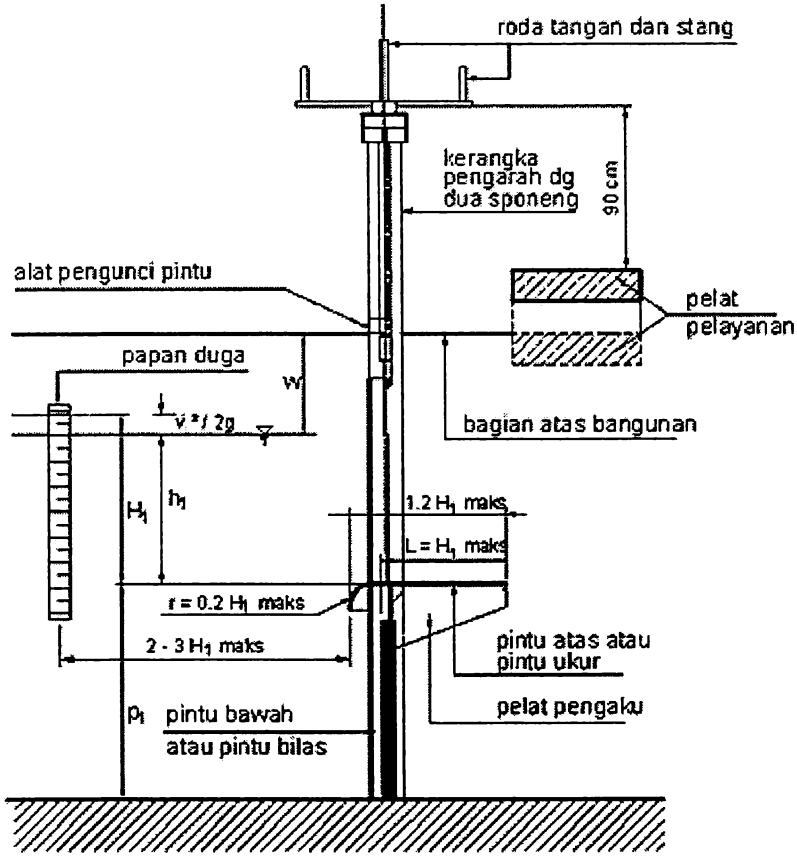
dimana:

H_1 =tinggi energi diatas meja, m

v_1 = kecepatan di hulu alat ukur, m/dt



Gambar 2-19. Sketsa Isometris Alat Ukur *Romijn*



Gambar 2-20. Dimensi Alat Ukur *Romijn* dengan Pintu Bawah

Koefisien kecepatan datang C_v dipakai untuk mengoreksi penggunaan H_1 dan bukan H_1 didalam persamaan tinggi energi – debit (persamaan 2-13).

2.5.3 Dimensi dan Tabel Debit Standar

Lebar standar untuk alat ukur *Romijn* adalah 0,50 m, 0,75 m, 1,00 m, 1,25 m dan 1,50 m untuk harga-harga lebar standar ini semua pintu, kecuali satu tipe, mempunyai panjang standar mercu 0,50 m untuk mercu horizontal dan jari-jari 0,10 m untuk meja berunjung bulat. Satu pintu lagi ditambahkan agar sesuai dengan bangunan sadap tersier yang debitnya kurang dari 160 ltr/dt. Lebar pintu ini 0,50 m, tetapi mercu horizontalnya 0,33 m dari jari-jari 0,07 m untuk ujung meja.

Kehilangan tinggi energi ΔH yang diperlukan diatas alat ukur yang bisa digerakkan diberikan di bagian bawah Tabel A.2.5, Lampiran II. Harga-harga ini dapat dipakai bila alat ukur mempunyai saluran hilir segi empat dengan potongan pendek, seperti ditunjukkan pada contoh Gambar 2-18. Jika dipakai saluran hilir yang lebih besar, maka kehilangan tinggi energi sebaiknya diambil 0,4 H_{maks}.

Harga-harga besaran debit yang dianjurkan untuk standar alat ukur *Romijn* diberikan pada Tabel 2-6.

Tabel 2-6. Besaran Debit yang Dianjurkan untuk Alat Ukur *Romijn* Standar

Lebar (m)	H_{1maks} (m)	Besar Debit (m^3/dt)
0,50	0,33	0 – 0,160
0,50	0,50	0,030 – 0,300
0,75	0,50	0,040 – 0,450
1,00	0,50	0,050 – 0,600
1,25	0,50	0,070 – 0,750
1,50	0,50	0,080 – 0,900

2.5.4 Papan Duga

Untuk pengukuran debit secara sederhana, ada tiga papan duga yang harus dipasang, yaitu:

- Skala papan duga muka air disaluran
- Skala sentimeter yang dipasang pada kerangka bangunan
- Skala liter yang ikut bergerak dengan meja pintu *Romijn*

Skala sentimeter dan liter dipasang pada posisi sedemikian rupa sehingga pada waktu bagian atas meja berada pada ketinggian yang sama dengan muka air di saluran (dan oleh sebab itu debit diatas meja nol), titik nol pada skala liter memberikan bacaan pada skala sentimeter yang sesuai dengan bacaan muka air pada papan duga di saluran (lihat Gambar 2-18.).

2.5.5 Karakteristik Alat Ukur *Romijn*

- Kalau alat ukur *Romijn* dibuat dengan mercu datar dan peralihan penyempitan sesuai dengan Gambar 2-18.C, tabel debitnya sudah ada dengan kesalahan kurang dari 3%.
- Debit yang masuk dapat diukur dan diatur dengan satu bangunan.
- Kehilangan tinggi energi yang diperlukan untuk aliran moduler adalah dibawah 33% dari tinggi energi hulu dengan mercu sebagai acuannya yang relatif kecil.
- Karena alat ukur *Romijn* ini bisa disebut "berambang lebar", maka sudah ada teori hidrolika untuk merencanakan bangunan tersebut.
- Alat ukur *Romijn* dengan pintu bawah bisa dieksploitasi oleh orang yang tak berwenang, yaitu melewatkan air lebih banyak dari yang di izinkan dengan cara mengangkat pintu bawah lebih tinggi lagi.

2.5.6 Kelebihan Alat Ukur *Romijn*

- Bangunan itu bisa mengukur dan mengatur sekaligus
- Dapat membilas endapan sedimen halus
- Kehilangan tinggi energi relatif kecil
- Ketelitian baik
- Eksplotasi mudah

2.5.7 Kekurangan Alat Ukur *Romijn*

- Pembuatan rumit dan mahal
- Bangunan itu membutuhkan muka air yang tinggi di saluran
- Biaya pemeliharaan bangunan itu relatif mahal
- Bangunan itu dapat disalahgunakan dengan jalan membuka pintu bawah
- Bangunan itu peka terhadap fluktuasi muka air di saluran pengarah.

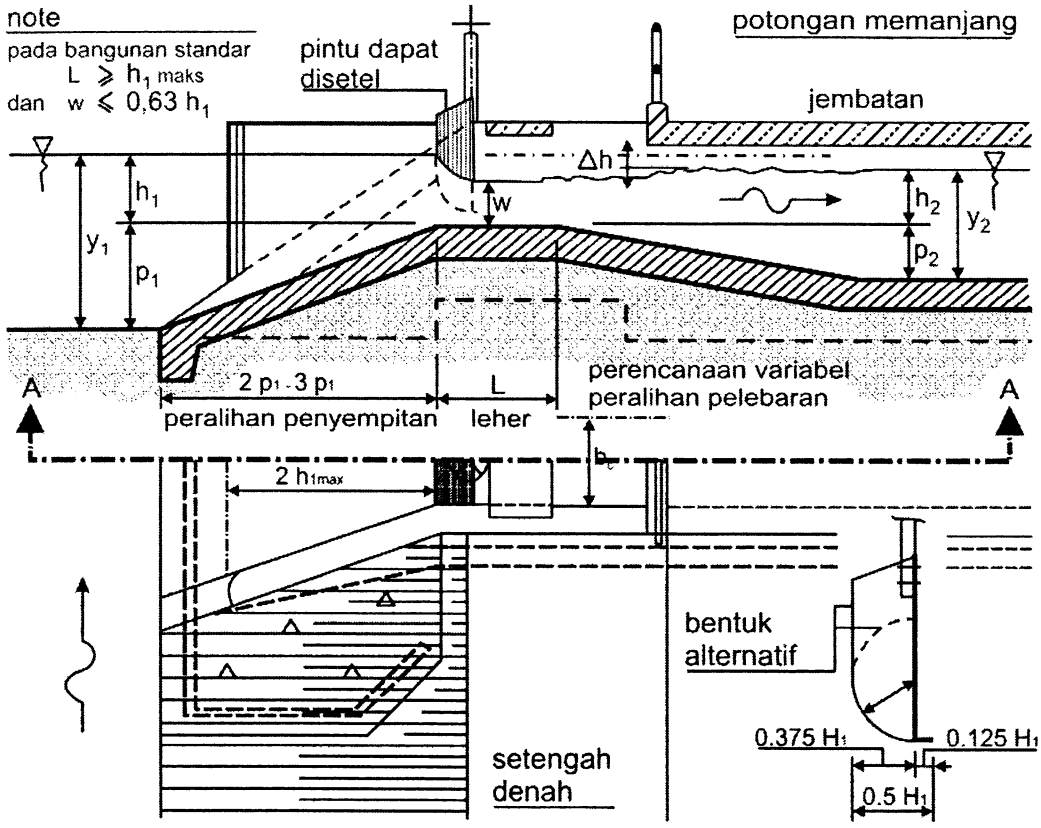
2.5.8 Penggunaan Alat Ukur *Romijn*

Alat ukur *Romijn* adalah bangunan pengukur dan pengatur serba bisa yang dipakai di Indonesia sebagai bangunan sadap tersier. Untuk ini tipe standar paling kecil (lebar 0,50m) adalah yang paling cocok. Tetapi, alat ukur *Romijn* dapat juga dipakai sebagai bangunan sadap sekunder.

Eksploitasi bangunan itu sederhana dan kebanyakan juru pintu telah terbiasa dengannya. Bangunan ini dilengkapi dengan pintu bawah yang dapat disalahgunakan jika pengawasan kurang.

2.6 Alat Ukur *Crump – de Gruyter*

Alat ukur *Crump – de Gruyter* yang dapat disetel adalah saluran ukur leher panjang yang dipasangi pintu gerak vertikal yang searah aliran (*streamline*). Pintu ini merupakan modifikasi/penyempurnaan modul proporsi yang dapat disetel (*adjustable proportional module*), yang diperkenalkan oleh *Crump* pada tahun 1922. *De Gruyter* (1926) menyempurnakan *trase flum* tersebut dan mengganti "blok – atap" (*roof block*) seperti yang direncanakan oleh *Crump* dengan pintu sorong yang dapat disetel. Bangunan yang dihasilkan dapat dipakai baik untuk mengukur maupun mengatur debit (lihat Gambar 2-21.)



Gambar 2-21. Perencanaan yang Dianjurkan untuk Alat Ukur *Crump-de Gruyter*

2.6.1 Perencanaan Hidrolis

Rumus debit untuk alat ukur *Crump – de Gruyter* adalah:

$$Q = C_d \times b \times w\sqrt{2g}(h_1 - w) \quad \text{..... 2-15}$$

dimana:

Q = debit m^3/dt

C_d = koefisien debit (= 0,94)

b = lebar bukaan, m

w = bukan pintu, m ($w \leq 0{,}63\ h_1$)

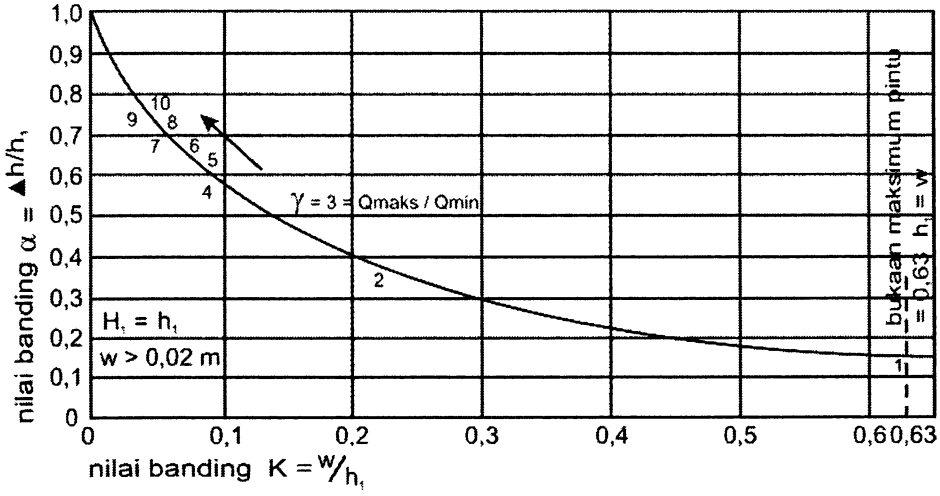
g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx 9{,}8\ m/dt^2$)

h_1 = tinggi air diatas ambang, m

Tabel debit diberikan dalam Lampiran II, Tabel A.2.4 untuk harga-harga lebar standar alat ukur *Crump-de Gruyter*, disini dilampirkan beberapa grafik dalam Lampiran II, Gambar A.2.1. Gambar A.2.1. sampai A.2.5.

$$b \geq Qmax / 1{,}56\, h_1^{(3/2)} \quad \text{..... 2-16}$$

secara teori b minimum diperbolehkan sebesar 0,20 m, tetapi untuk kemudahan pembuatannya di lapangan ditentukan b minimum untuk alat ukur ini adalah 0,30 m.



Gambar 2-22. Karakteristik Alat Ukur *Crump-de Gruyter*

Grafik pada Gambar 2-22. dapat digunakan untuk merencanakan alat ukur *Crump-de Gruyter*. Grafik tersebut memberikan karakteristik hidrolis orifis yang didasarkan pada dua nilai banding.

$$\alpha = \frac{\Delta h}{h_1} \text{ dan } K = \frac{w}{h_1}$$

Nilai banding $\gamma = \frac{Q_{maks}}{Q_{min}}$ dapat dicari dari Gambar 2-22.

2.6.2 Karakteristik Alat Ukur *Crump-de Gruyter*

- $\Delta h = h_1 - h_2$ cukup untuk menciptakan aliran kritis dibawah pintu. Ini benar jika $\Delta h = h_1 - w$, tetapi mungkin kurang bila peralihan pelebaran direncana sedemikian rupa sehingga sebagian dari tinggi kecepatan di dalam leher diperoleh kembali. Apabila terjadi aliran kritis, maka rencana peralihan pelebaran yang sebenarnya tidak berpengaruh pada kalibrasi tinggi energi – bukaaan – debit dari bangunan tersebut.
- Untuk menghindari lengkung garis aliran pada pancaran dibawah pintu, panjang leher L tidak boleh kurang dari h_1.
- Untuk mendapatkan aliran kritis dibawah pintu, dan untuk menghindari pusaran air di depan pintu, bukaan pintu harus kurang dari 0,63 h_1. Untuk pengukuran yang teliti, bukaan pintu harus lebih dari 0,02 m.
- Aliran harus diarahkan ke bukaan pintu sedemikian sehingga tidak terjadi pemisahan aliran. Dasar dan samping peralihan penyempitan tidak perlu melengkung.
- Bagian pintu geraknya harus seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2-24.
- Orifis/lubang yang dapat disetelah dapat dikerjakan dengan teori hidrolika yang sudah ada. Asalkan aliran kritis terjadi dibawah pintu, tabel debitnya sudah ada dengan kesalahan kurang dari 3% (Tabel A.2.6 Lampiran II).
- Kehilangan tinggi energi yang diperlukan untuk aliran moduler kurang dari $h_1 - w$. Kehilangan ini bisa diperkecil lagi jika peralihan pelebaran bertahap dipakai di belakang (hilir) leher. Sebagai contoh untuk peralihan pelebaran berkemiringan 1:6, tinggi energi yang diperlukan Δh diperkecil hingga 0,5 ($h_1 - w$). Kehilangan ini lebih kecil daripada kehilangan yang diperlukan untuk bukaan-bukaan yang lain.
- Bangunan ini kuat, tidak mudah rusak.
- Pada bangunan ini benda-benda hanyut cenderung tersangkut.

2.6.3 Kelebihan Alat Ukur *Crump-de Gruyter*

- Bangunan ini dapat mengukur dan mengatur sekaligus
- Bangunan ini tidak mempunyai masalah dengan sedimen
- Eksplotasi mudah dan pengukuran teliti
- Bangunan kuat

2.6.4 Kelemahan Alat Ukur *Crump-de Gruyter*

- Pembuatannya rumit dan mahal
- Biaya pemeliharaan mahal
- Kehilangan tinggi energi besar
- Bangunan ini mempunyai masalah dengan benda–benda hanyut.

2.6.5 Penggunaan Alat Ukur *Crump-de Gruyter*

Alat ukur *Crump-de Gruyter* dapat dipakai dengan berhasil jika keadaan muka air disaluran selalu mengalami fluktuasi atau jika orifis harus berkerja pada keadaan muka air rendah di saluran. Alat ukur *Crump-de Gruyter* mempunyai kehilangan tinggi energi yang lebih besar daripada alat ukur *Romijn*.

Bila tersedia kehilangan tinggi energi yang memadai, alat ukur *Crump-de Gruyter* mudah dioperasikan, pemeliharaannya tidak sulit dan lebih mudah dibanding bangunan–bangunan serupa lainnya.

2.7 *Neyrpic Module*

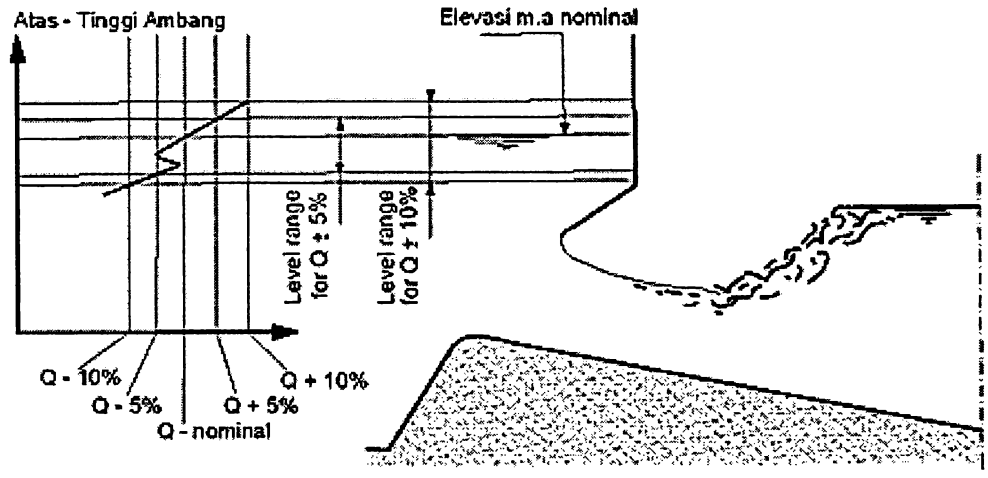
2.7.1 Umum

Selama ini telah dikenal tipe pintu *Romijn* dan *Crump de Gruyter* sebagai alat pembagi sekaligus pengukur debit yang masuk ke petak tersier. Kedua pintu tersebut mempunyai kelemahan dan kelebihannya masing-masing, tetapi setelah dipergunakan beberapa tahun ini di lapangan kelemahan yang sama dari kedua pintu itu adalah

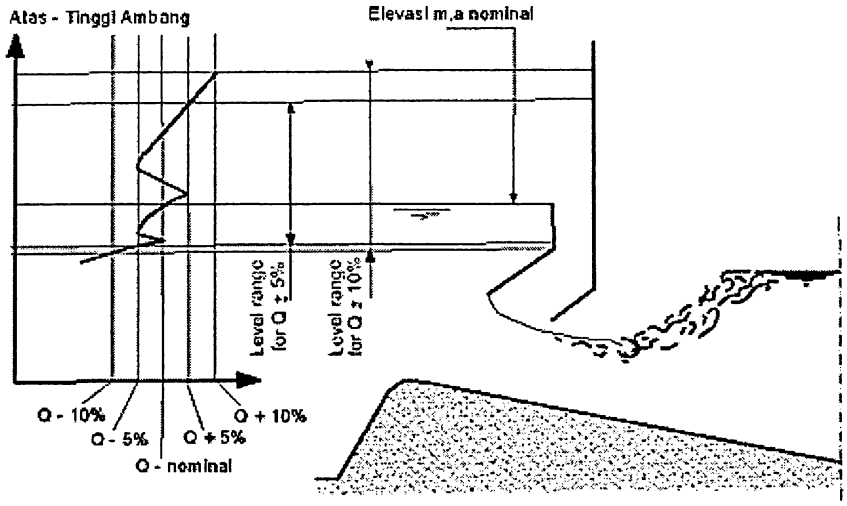
sering dicuri oleh pencuri.

Menyadari kondisi tersebut maka terdapat tipe pintu yang relatif dapat mengatasi permasalahan diatas, yaitu *Neyrpic Module*. Selain lebih sulit dicuri tipe ini sangat mudah pengoperasiannya.

Neyrpic module ini adalah terdiri dari beberapa modul yang terpasang dalam satu set pintu yang dapat digerakkan/diangkat secara terpisah. Pada setiap pintu-pintu tersebut sudah ditentukan dimensinya sedemikian sehingga pada bukaan dan ketinggian muka air tertentu mempunyai debit sesuai yang diharapkan. Sehingga operasi pintu ini hanya ada dua pilihan yaitu buka penuh atau ditutup. Jadi besaran debit yang lewat ditentukan oleh jumlah pintu yang dibuka bukan berdasarkan tinggi bukaan pintu seperti tipe pintu yang lain.



Gambar 2-23. Diagram dan Kurva Operasi untuk Dinding Pembagi Tunggal



Gambar 2-24. Diagram dan Kurva Operasi untuk Dinding Pembagi Ganda

2.7.2 Kelebihan *Neyrpic Module*

- Pintu ini tidak mudah dicuri
- Cara pengoperasian pintu mudah, karena cukup dengan membuka modul sesuai dengan debit yang sudah tertera pada setiap modul.
- Bangunannya kokoh

2.7.3 Kelemahan *Neyrpic Module*

- Referensi perhitungan hidrolis tipe ini tidak terlalu banyak, sehingga agak menyulitkan perencana dalam perhitungan hidrolis.
- Tipe ini belum dikenal di Indonesia sehingga dalam aplikasinya perlu sosialisasi yang lama
- Hanya bisa digunakan pada fluktuasi tinggi muka air dengan debit rencana Q+5% sampai dengan Q-5%, jika terjadi debit diluar angka tersebut maka tinggi muka air harus diatur sedemikian rupa pada range angka diatas.
- Harganya relatif lebih mahal dari tipe lain

2.8 Pipa Sadap Sederhana

Pipa sadap sederhana berupa sebuah pipa dengan diameter standar 0,15 m, 0,20 m, 0,25 m, 0,30 m, 0,40 m, 0,50 m atau 0,60 m yang bisa ditutup dengan pintu sorong. Dalam kondisi tersedia *head* yang mencukupi pipa dapat terpasang dengan aliran jatuh bebas (*Free fall flow*), tetapi jika tidak tersedia *head* yang mencukupi pipa dapat juga dipasang dengan aliran tenggelam (*Submerge*). Aliran melalui bangunan ini tidak dapat diukur tapi dibatasi sampai debit maksimum, yang bergantung kepada diameter pipa dan beda tinggi energi.

Pada saluran besar dimana ada sadapan untuk tersier kecil, tidak ekonomis untuk membangun kompleks bangunan pengatur, maka direkomendasikan dibangun bangunan pipa sadap sederhana.

Pada bangunan sadap yang memerlukan debit lebih besar maka tidak boleh menggunakan pipa sadap sederhana dengan pintu sorong, tetapi harus menggunakan bangunan sadap dengan alat ukur meskipun tanpa pintu pengatur. Hal ini bertujuan untuk menghindari dan meminimalisasi penggunaan air yang tidak terkontrol pada jaringan irigasi.

2.8.1 Perencanaan Hidraulis

2.8.1.1 Aliran Tenggelam (*Submerged*)

$$Q = \frac{\pi}{4} D_p^2 \left[\frac{2g\Delta h}{\xi}\right]^{0,5} \quad \text{..... 2-17}$$

dimana:

Q = Debit (m^3/dt)
Dp = Diameter dalam pipa (m)
g = percepatan gravitasi (m/dt^2)
Δh = beda tinggi hulu dan hilir (m)

ξ = koefisien kehilangan tinggi

= 1,9 + f . L/Dp . $v^2/2g$

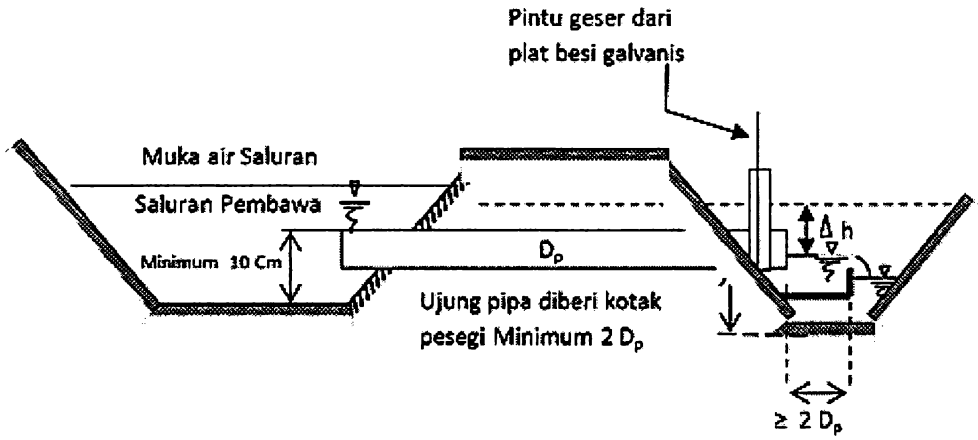
f = koefisien kekasaran *Darcy-Weissbach*

L = panjang pipa (m)

Dalam kondisi panjang pipa 6 Dp < L < 20 Dp, maka besaran ξ = 2,1

Untuk bangunan-bangunan yang mengalirkan air ke saluran tanpa pasangan, kecepatan maksimum didalam pipa dibatasi sampai 1 m/dt. Jika bangunan itu mengalirkan air ke saluran pasangan kecepatan maksimumnya mungkin sampai 1,5 m/dt.

Dalam kondisi pipa dalam keadaan tenggelam maka kehilangan tinggi energi pipa dihitung sebagai = f L/Dp . $v^2/2g$



Gambar 2-25. Pengambilan Dalam Pipa Aliran Tenggelam (*Submerged*)

2.8.1.2 Aliran Jatuh Bebas (*Free Fall*)

$$Q = \frac{\pi}{4} D_p^2 \left[\frac{2g\Delta h}{\xi}\right]^{0,5} \quad \text{..... 2-18}$$

dimana:

Q = Debit (m^3/det)

D_p = Diameter dalam pipa (m)

g = percepatan gravitasi ($\approx$ 9,8 m/dt^2)

Δh = tinggi muka air di hulu ke titik pusat pipa di hilir (m)

ξ = Koefisien kehilangan tinggi

$$= [1 + C_{in} + C_f] \frac{L_p}{D_p}$$

C_{in} = Koefisien kehilangan energi karena saringan di hulu pipa

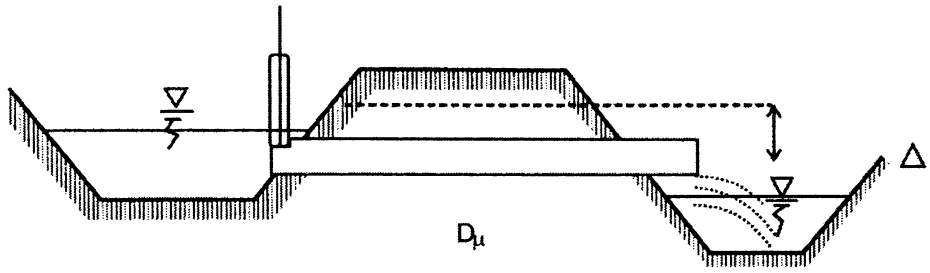
Diambil 1,135

C_f = Koefisien kehilangan energi karena kekasaran dalampipa di hitung dengan rumus $8\ g\ N\ R_H^{1/3}$

N untuk PVC diambil 0,01

L_p = panjang pipa (m)

R_H = radius hidrolik



Gambar 2-26. Pengambilan Dalam Pipa Aliran Jatuh Bebas (*Free Fall*)

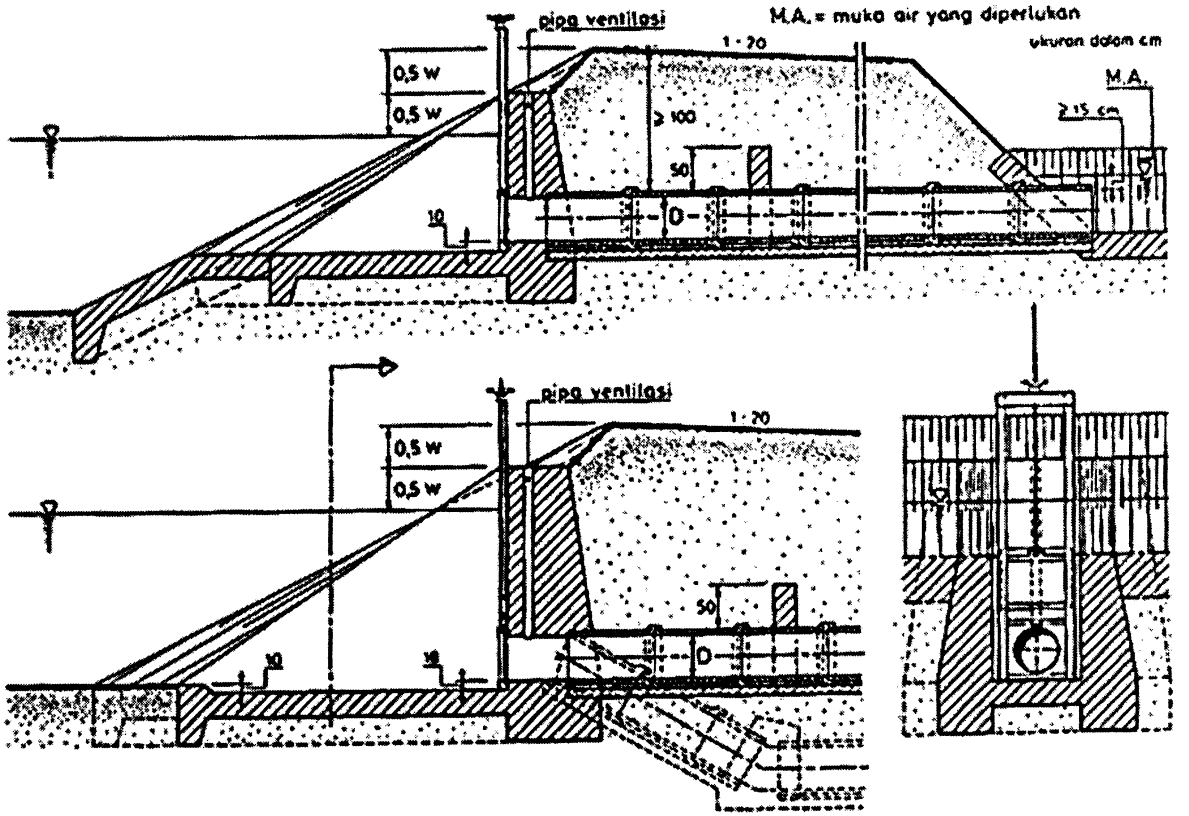
2.8.2 Penggunaan Pipa Sadap Sederhana

Pipa sadap sederhana dipakai sebagai bangunan sadap tersier apabila petak tersier mengambil air dari saluran primer besar tanpa menimbulkan pengaruh terhadap tinggi muka air di saluran itu; karena jika debit di saluran berubah maka muka air akan mengalami fluktuasi besar. Mungkin terdapat beda tinggi energi yang besar, sehingga selama muka air disaluran primer rendah air tetap bisa diambil, jadi diperlukan

pengambilan dengan elevasi rendah. Guna mengatur muka air di saluran primer, diperlukan jumlah air yang akan dialirkan melalui bangunan sadap.

Pada petak tersier dengan areal sama dengan atau dibawah 25 ha, dimana penggunaan alat ukur tidak memungkinkan karena debit yang dialirkan terlalu kecil pipa sadap sederhana ini diperbolehkan untuk dipergunakan.

Untuk menjamin air selalu dapat masuk ke petak tersier, tetapi sedimen dasar (*bed load*) tidak menutupi lubang pipa, maka pipa sadap diletakan 10-20 cm diatas dasar saluran.



Gambar 2-27. Bangunan Sadap Pipa Sederhana

BAB III
BANGUNAN PENGATUR TINGGI MUKA AIR

3.1 Umum

Banyak jaringan saluran irigasi dioperasikan sedemikian rupa sehingga muka air disaluran primer dan saluran cabang dapat diatur pada batas-batas tertentu oleh bangunan-bangunan pengatur yang dapat bergerak. Dengan keadaan eksploitasi demikian, muka air dalam hubungannya dengan bangunan sadap (tersier) tetap konstan.

Apakah nantinya akan digunakan pintu sadap dengan permukaan air bebas (pintu *Romijn*) atau pintu bukaan bawah (alat ukur *Crump-de Gruyter*), hal ini bergantung kepada variasi tinggi muka air yang diperkirakan (lihat Tabel 2-1.).

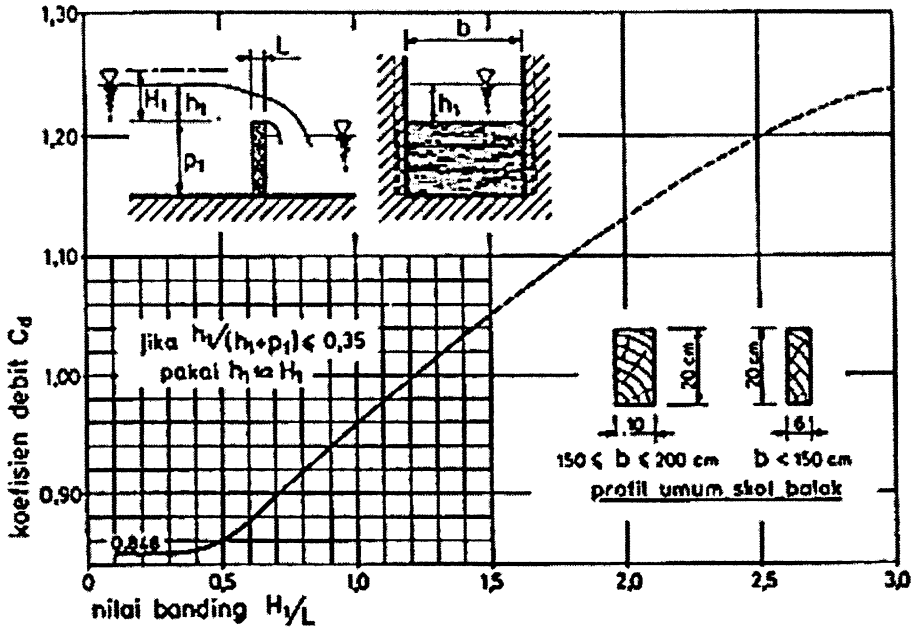
Bab ini akan membahas empat jenis bangunan pengatur muka air, yaitu: pintu skot balok, pintu sorong, mercu tetap dan kontrol celah trapesium. Kedua bangunan pertama dapat dipakai sebagai bangunan pengontrol untuk mengendalikan tinggi muka air di saluran. Sedangkan kedua bangunan yang terakhir hanya mempengaruhi tinggi muka air.

Pada saluran yang lebar (lebar dari 2m) mungkin akan menguntungkan untuk mengkombinasi beberapa tipe bangunan pengatur muka air, misalnya:
- skot balok dengan pintu bawah
- mercu tetap dengan pintu bawah
- mercu tetap dengan skot balok

3.2 Pintu Skot Balok

Dilihat dari segi konstruksi, pintu skot balok merupakan peralatan yang sederhana. Balok-balok profil segi empat itu ditempatkan tegak lurus terhadap potongan segi empat saluran. Balok-balok tersebut disangga di dalam *sponeng*/alur yang lebih besar

0,03 m sampai 0,05 m dari tebal balok-balok itu sendiri. Dalam bangunan-bangunan saluran irigasi, dengan lebar bukaan pengontrol 2,0 m atau lebih kecil lagi, profil-profil balok seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3-1. biasa dipakai.



Gambar 3-1. Koefisien Debit untuk Aliran Diatas Skot Balok Potongan Segi Empat (Cv ≈ 1,0)

3.2.1 Perencanaan Hidrolis

Aliran pada skot balok dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan tinggi debit berikut:

$$Q = C_d C_v \, 2/3 \sqrt{2/3 \times g} \times b \times h_1^{1,5} \quad \text{..... 3-1}$$

dimana:

Q = debit, m^3/dt

C_d = koefisien debit

C_v = koefisien kecepatan datang

g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx 9{,}8\ m/dt^2$)

b = lebar normal, m

h_1 = kedalaman air diatas skot balok, m

Koefisien debit C_d untuk potongan segi empat dengan tepi hulu yang tajamnya 90°, sudah diketahui untuk nilai banding H_1/L kurang dari 1,5 (lihat Gambar 3-1.).

Untuk harga-harga H_1/L yang lebih tinggi, pancaran air yang melimpah bisa sama sekali terpisah dari mercu skot balok. Bila H_1/L menjadi lebih besar dari sekitar 1,5 maka pola alirannya akan menjadi tidak mantap dan sangat sensitif terhadap "ketajaman" tepi skot balok bagian hulu. Juga, besarnya airasi dalam kantong udara dibawah pancaran, dan tenggelamnya pancaran sangat mempengaruhi debit pada skot balok.

Karena kecepatan datang yang menuju ke pelimpah skot balok biasanya rendah, $h_1/(h_1 + P_1) < 0{,}35$ kesalahan yang timbul akibat tidak memperhatikan harga tinggi kecepatan rendah berkenaan dengan kesalahan dalam C_d dengan menggunakan persamaan 3-1. dikombinasi dengan Gambar 3-2. aliran pada skot balok dapat diperkirakan dengan baik.

Jelaslah bahwa tinggi muka air hulu dapat diatur dengan cara menempatkan/mengambil satu atau lebih skot balok. Pengaturan langkah demi langkah ini dipengaruhi oleh tinggi sebuah skot balok. Seperti yang sudah disebutkan dalam Gambar 3-1., ketinggian yang cocok untuk balok dalam bangunan saluran irigasi adalah 0,20 m.

Seorang operator yang berpengalaman akan mengatur tinggi muka air di antara papan balok 0,20 m dengan tetap membiarkan aliran sebagian dibawah balok atas.

3.2.2 Kelebihan Pintu Skot Balok

- Kontribusi ini sederhana dan kuat
- Biaya pelaksanaannya kecil

3.2.3 Kelemahan Pintu Skot Balok

- Pemasangan dan pemindahan balok memerlukan sedikitnya dua orang dan memerlukan banyak waktu
- Tinggi muka air bisa diatur selangkah demi selangkah saja; setiap langkah sama dengan tinggi sebuah balok
- Ada kemungkinan dicuri orang
- Skot balok bisa dioperasikan oleh orang yang tidak berwenang
- Karakteristik tinggi–debit aliran pada balok belum diketahui secara pasti

3.3 Pintu Sorong

3.3.1 Perencanaan Hidrolis

Rumus debit yang dapat dipakai untuk pintu sorong adalah:

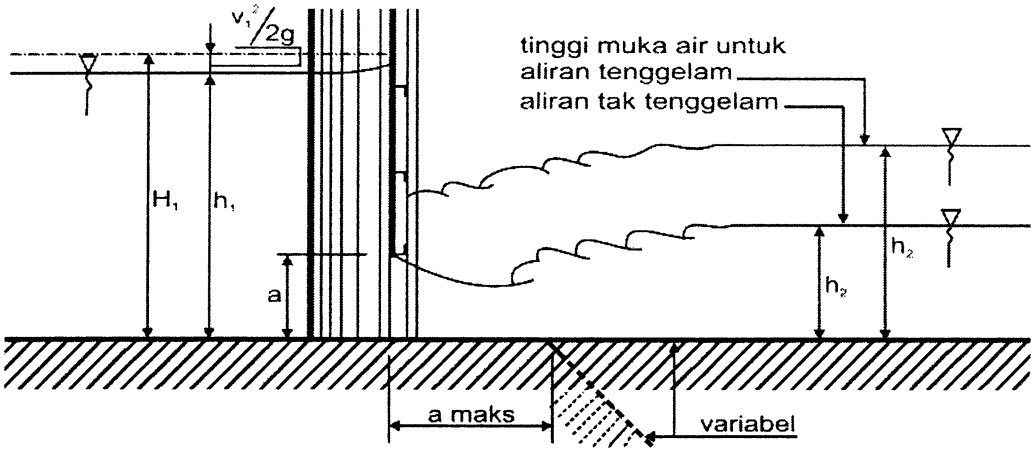
$$Q = K \mu a b \sqrt{2 g h_1} \quad \text{..... 3-2}$$

dimana :

Q = debit, (m^3/dt)
K = faktor aliran tenggelam (lihat Gambar 3-3.)
μ = koefisien debit (lihat Gambar 3-4.)
A = bukaan pintu, m
b = lebar pintu, m
g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx 9{,}8\ m/dt^2$)
h_1 = kedalaman air di depan pintu diatas ambang, m.

Lebar standar untuk pintu pembilas bawah (*undersluice*) adalah 0,50m; 0,75m;

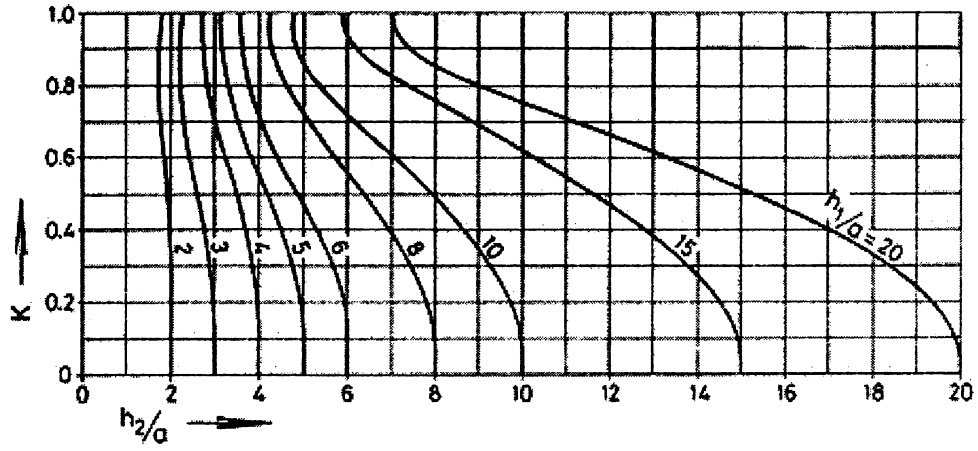
1,00m; 1,25m dan 1,50m. Kedua ukuran yang terakhir memerlukan dua setang pengangkat.



Gambar 3-2. Aliran Dibawah Pintu Sorong dengan Dasar Horizontal

3.3.2 Kelebihan-Kelebihan yang Dimiliki Pintu Pembilas Bawah

- Tinggi muka air hulu dapat dikontrol dengan tepat.
- Pintu bilas kuat dan sederhana.
- Sedimen yang diangkut oleh saluran hulu dapat melewati pintu bilas.



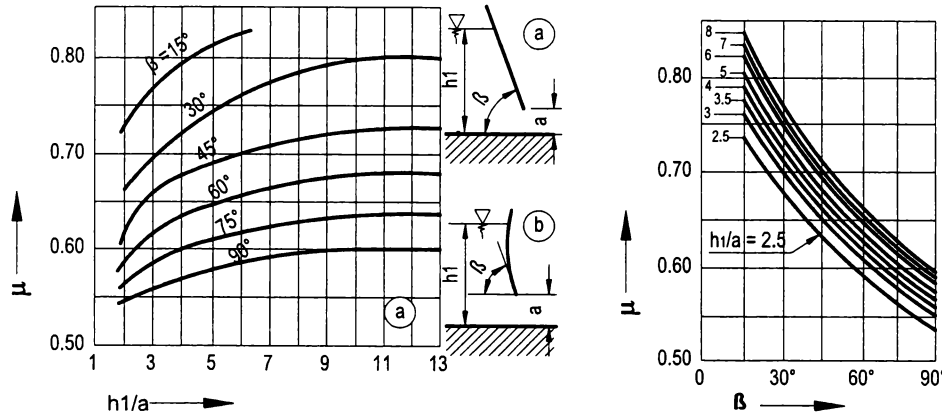
Gambar 3-3. Koefisien K untuk Debit Tenggelam (dari *Schmidt*)

3.3.3 Kelemahan-Kelemahannya

- Kebanyakan benda-benda hanyut bisa tersangkut di pintu
- Kecepatan aliran dan muka air hulu dapat dikontrol dengan baik jika aliran moduler

3.4 Pintu Radial

Pintu khusus dari pintu sorong adalah pintu radial. Pintu ini dapat dihitung dengan persamaan 3-2. dan harga koefisiennya diberikan pada Gambar 3-4.



Gambar 3-4. Koefisien Debit μ Masuk Permukaan Pintu Datar atau Lengkung

3.4.1 Kelebihan Pintu Radial

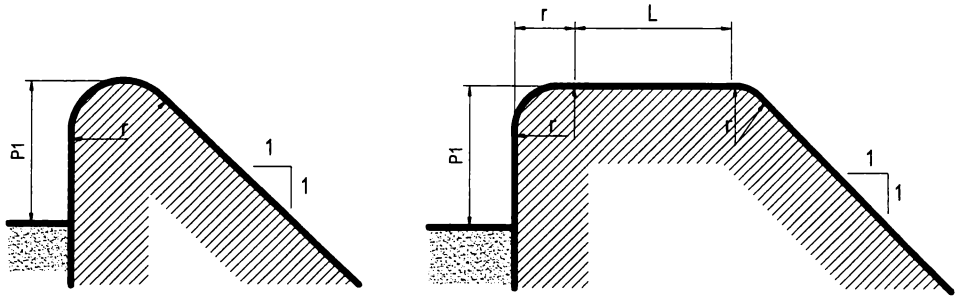
- Hampir tidak ada gesekan pada pintu
- Alat pengangkatnya ringan dan mudah diekploitasi
- Bangunan dapat dipasang di saluran yang lebar

3.4.2 Kelemahan Pintu Radial

- Bangunan tidak kedap air
- Biaya pembuatan bangunan mahal
- Paksi (*pivot*) pintu memberi tekanan horizontal besar jauh diatas pondasi

3.5 Mercu Tetap

Mercu tetap dengan dua bentuk seperti pada Gambar 3-5 sudah umum dipakai. Jika panjang mercu rencana seperti tampak pada gambar sebelah kanan adalah sedemikian rupa sehingga $H_1/L \leq 1{,}0$ maka bangunan tersebut dinamakan bangunan pengatur ambang lebar. Hubungan antara tinggi energi dan debit bangunan semacam ini sudah diketahui dengan baik (lihat subbab 2.2).



Gambar 3-5. Bentuk-Bentuk Mercu Bangunan Pangatur Ambang Tetap yang Lazim Dipakai

3.5.1 Perencanaan Hidrolis

Ada perbedaan pokok dalam hubungan antara tinggi energi dan debit untuk bangunan pengatur mercu bulat dan bangunan pengatur ambang lebar. Perbedaan itu dapat dijelaskan sebagai berikut :

Bangunan Pangatur Mercu Bulat	**Bangunan Pengatur Ambang Lebar**
Nilai banding $H_1/r = 5{,}0$	Nilai banding $H_1/L = 1{,}0$
$C_d = 1{,}48$	$C_d = 1{,}03$

Untuk mercu yang dipakai di saluran irigasi, nilai-nilai itu dapat dipakai dalam rumus berikut:

$$Q = C_d \times \frac{2}{3} \times \sqrt{\frac{2}{3} \times g} \times b \times H_1^{1,5} \quad \text{..... 3-3}$$

dimana:

Q = debit, m^3/dt

C_d = koefisien debit

alat ukur ambang lebar $C_d = 1,03$

mercu bulat $C_d = 1,48$

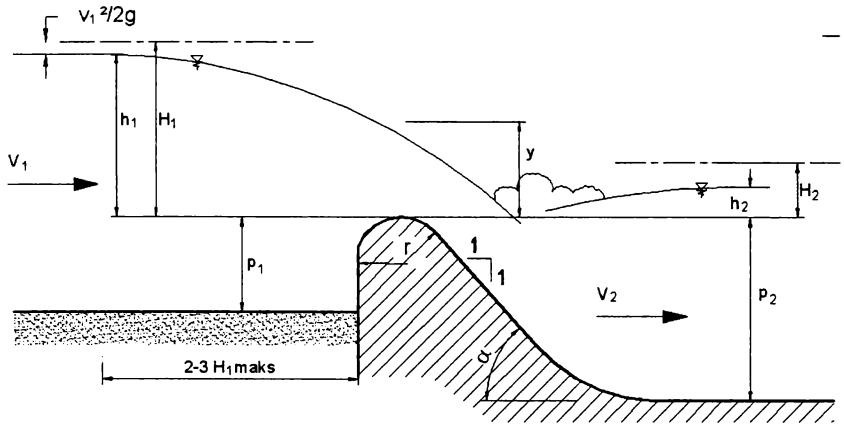
g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx 9,8\ m/dt^2$)

b = lebar mercu, m

H_1 = tinggi air diatas mercu, m

Dengan rumus ini, diandaikan bahwa koefisien kecepatan datang adalah 1,0.

Gambar 3-6. memperlihatkan potongan melintang mercu bulat.



Gambar 3-6. Alat Ukur Mercu Bulat

Pembicaraan mendetail mengenai mercu bulat dapat dijumpai dalam buku KP – 02 Bangunan Utama, subbab 4.2.2.

3.5.2 Kelebihan Mercu Tetap

- Karena peralihannya yang bertahap, bangunan pengatur ini tidak banyak mempunyai masalah dengan benda-benda terapung.

- Bangunan pengatur ini dapat direncana untuk melewatkan sedimen yang terangkut oleh saluran peralihan.
- Bangunan ini kuat; tidak mudah rusak.

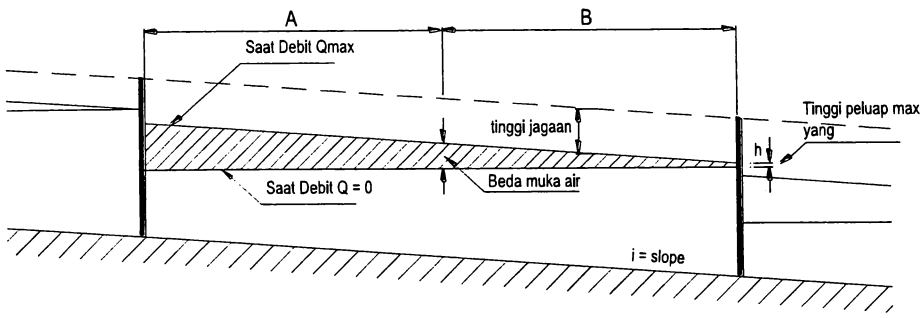
3.5.3 Kelemahan Mercu Tetap

- Aliran pada bendung menjadi non moduler jika nilai banding tenggelam H_2/H_1 melampaui 0,33.
- Hanya kemiringan permukaan hilir 1:1 saja yang bisa dipakai.
- Aliran tidak dapat disesuaikan.

3.6 Mercu Tipe U (Mercu Tipe Cocor Bebek)

3.6.1 Umum

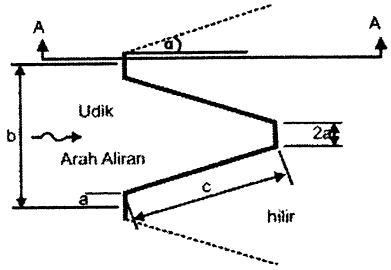
Bangunan pengatur tinggi muka air dengan tipe U (tipe cocor bebek) ini merupakan pengembangan dari bangunan pengatur muka air dengan mercu tetap pada saluran-saluran lebar (lebar > 2 m). Perbedaan dengan mercu tetap yang sudah lama dikembangkan di Indonesia adalah sumbu atau as yang tegak lurus saluran sedangkan pelimpah (tipe cocor bebek) ini berbentuk lengkung. Penjelasan gambaran mercu tetap tipe cocor bebek terlihat pada gambar dibawah ini.



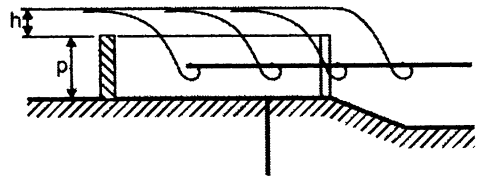
Gambar 3-7. Gambar Diagram Susunan Suatu Kontrol Muka Air

3.6.2 Perencanaan Struktur

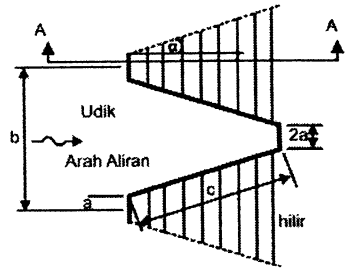
Struktur bangunan mercu tetap tipe U (tipe cocor bebek) ini mengacu pada komponen bendung gergaji. Sesuai SNI 03. 1972-1989 dan SNI 03-2401.1991 dengan jenis lantai hilir datar seperti terlihat pada Gambar 3-8. dibawah ini.



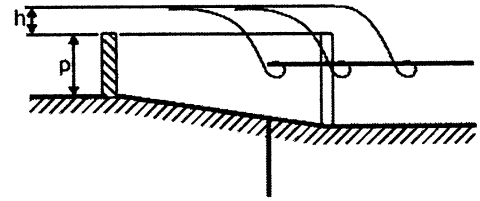
denah untuk jenis lantai hilir datar



Potongan A-A untuk jenis lantai hilir



denah untuk jenis lantai hilir miring



Potongan A-A untuk jenis lantai hilir

Gambar 3-8. Denah dan Potongan Peluap Mercu Tipe U (Tipe Cocor Bebek)

Mengacu pada gambar diatas, maka digunakan notasi sebagai berikut:

a = setengah lebar bagian dinding ujung-ujung gigi gergaji

b = lebar lurus mercu

c = panjang bagian dinding miring

p = tinggi pembendungan

h = tinggi tekan hidraulik muka air udik diukur dari mercu bending

lg = panjang lengkung mercu = 4a + 2c

$\frac{h}{p}$ = perbandingan antara tinggi tekan hidrolik, h dengan tinggi pelimpah diukur dari lantai udik, p.

$\frac{b}{p}$ = perbandingan antara lebar b dengan tinggi bendung p

$\frac{lg}{b}$ = perbandingan antara panjang mercu pelimpah yang terbentuk

α = sudut antara sisi pelimpah dengan arah aliran utama air

n = jumlah "gigi" pelimpah gergaji

$\frac{Q_g}{Q_n}$ = nilai perbandingan antara besar debit pada pelimpah gergaji dibandingkan dengan besar debit pelimpahan jika digunakan pelimpah lurus biasa dengan lebar bentang yang sama.

3.6.3 Analisa Hidraulik

a). Data dan informasi yang perlu diketahui

- gambar situasi dan potongan memanjang serta melintang geometri saluran
- lokasi bangunan telah ditentukan
- debit desain bangunan, $Q_{desain} = Qg_{desain}$
- tinggi muka air maksimum diatas mercu yang diijinkan
- lebar saluran
- tinggi mercu pelimpah dari lantai udik

b). Perhitungan hidraulik

- Debit maksimum yang dapat dialirkan oleh bendung pelimpah lurus

  $Q_n = c \cdot B \cdot H_1.5$ 3-4

  dimana:

  Qn = debit rencana saluran (m^3/dt)

  B = panjang mercu

  c = 1,95 (pedoman bendung gergaji)

- Berdasarkan harga Q_g desain dan Q_n maks, dapat dihitung besar pembesaran kapasitas pelimpahan yang diperlukan : $\frac{Q_{g\ desain}}{Q_{n\ maks}}$
- Harga perbandingan tinggi muka air udik dan tinggi mercu $\left(\frac{h}{p}\right)_{maks}$
- Penuhi persyaratan dasar desain hidraulik bendung dan pelimpahtipe U, yaitu pada domain $\frac{h}{p} \leq 0{,}50$ dan $\frac{b}{p} \geq 2$
- Untuk memenuhi persyaratan ini, ambil lebar satu mercu = 4a + 2c
- Plot data desain $\frac{h}{p} = 0{,}6$ pada grafik hubungan antara $\frac{Q_g}{Q_n}$ dan $\frac{h}{p}$. Pada Gambar 3-9. untuk pelimpah dengan mercu ambang tajam. Berdasarkan grafik tersebut diketahui besar harga kebutuhan pelipatan panjang mercu pelimpah $\left(\frac{l_g}{b}\right)_{tajam} = 5{,}5$
- Tentukan desain mercu pelimpah yang sesederhana mungkin agar mudah dilaksanakan di lapangan dan kuat.
- Berdasarkan metode-metode hidraulika yang telah tersedia, dapat dihitung harga perbandingan harga koefisien pelimpahan mercu pelimpah bulat terhadap koefisien pelimpahan mercu ambang tajam (f). Jika diambil harga $f = \frac{c}{c_t} = 1{,}2$ konstan untuk berbagai kondisi muka air udik, tahap pradesain selanjutnya dapat dilakukan dengan sangat sederhana.

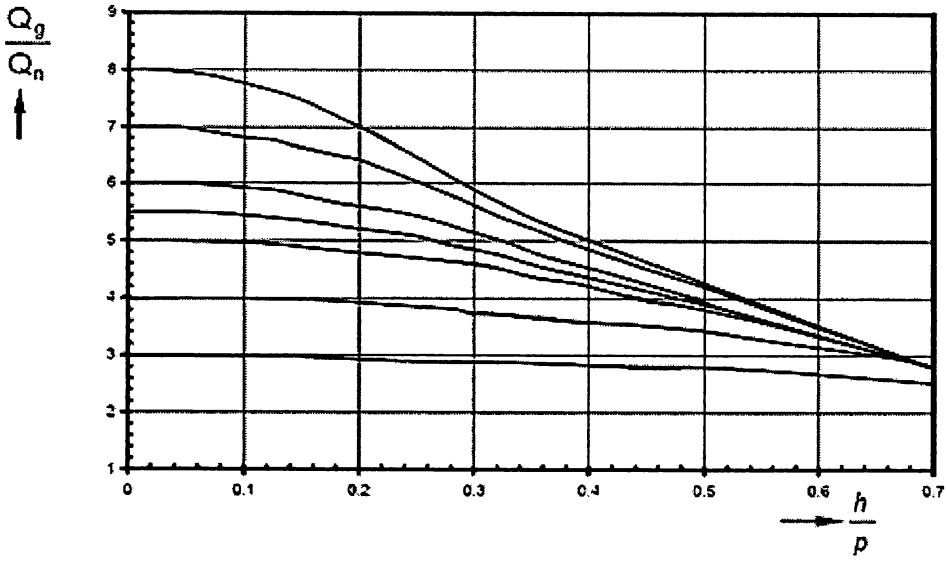
- Untuk harga f tersebut, besar harga pelipatan panjang pelimpah bentuk mercu setengah lingkaran yang sesungguhnya dapat dihitung sebagai berikut:

$$\left(\frac{l_g}{b}\right) = \left(\frac{l_g}{b}\right)_{tajam} \times \frac{1}{f}$$

- Berdasarkan data b dan l_g, dengan menerapkan ilmu trigonometri dapat dihitung data gigi gergaji lainnya sebagai berikut:

  $\alpha = 0{,}75\ \alpha_{maksimum}$

  a = 0,25 m



Gambar 3-9. Grafik untuk Desain Pelimpah Jenis Gergaji untuk Gigi Trapesium

3.6.4 Pertimbangan dan Persyaratan

a).Pertimbangan

Pertimbangan dalam pemakaian pelimpah tipe ini antara lain:

- Dalam rencana penerapan bangunan pengatur dan pelimpah tipe ini hendaknya dilakukan evaluasi perbandingan dengan kemungkinan tipe lain, seperti

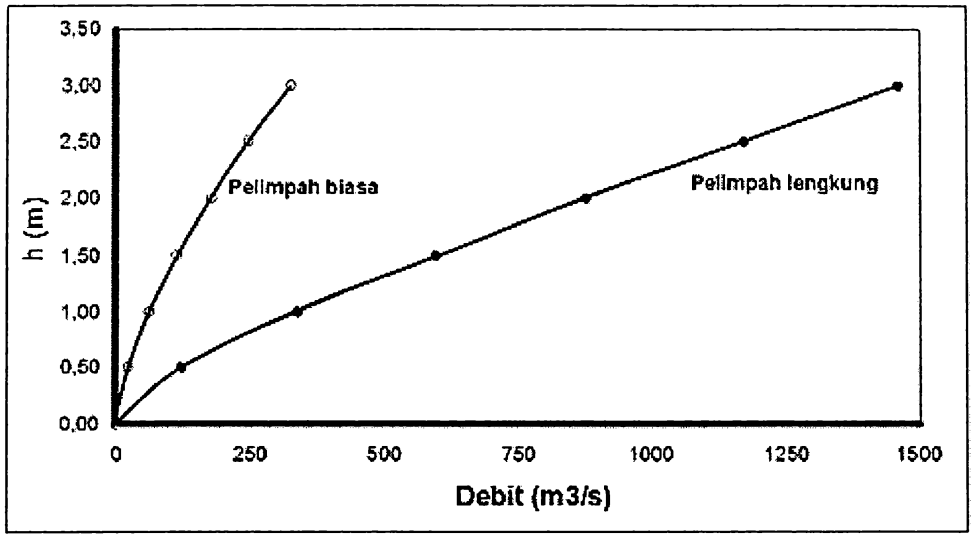
bendung tetap dengan pelimpah biasa.

- Tipe ini bisa diaplikasikan di saluran dengan mengacu pada pelimpah tipe gergaji, dengan nilai n = 1.
- Pelimpah tipe U ini tidak bisa dipakai sebagai alat ukur debit (untuk menggantikan ambang lebar), karena ketelitiannya dipengaruhi oleh muka air hilir (aliran kurang sempurna).

b). Persyaratan

Parameter yang harus diperhatikan sebelum merencanakan tipe ini adalah:

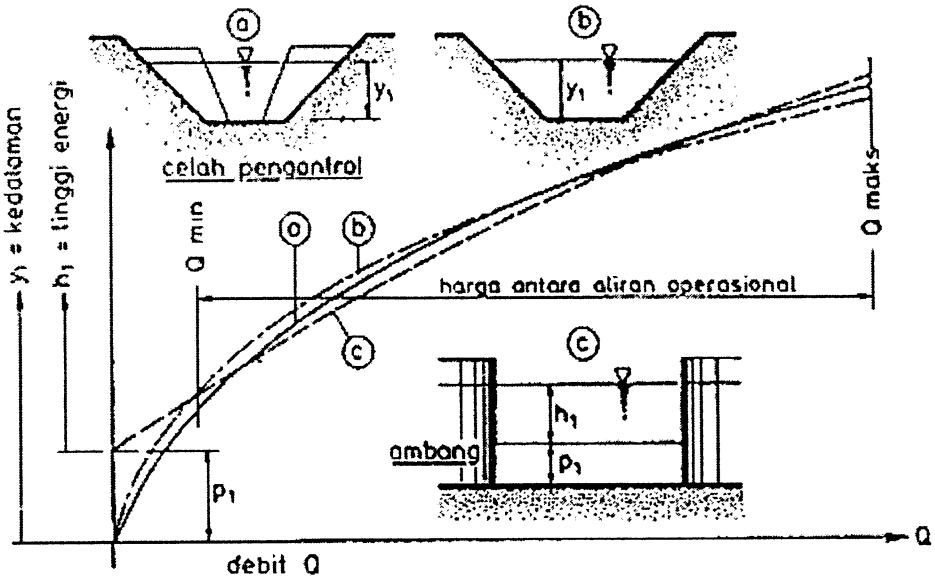
- Lokasi, tinggi mercu, debit saluran rencana dan stabilitas perlu didesain dengan mengacu pada acuan yang ada pada pelimpah ambang tetap biasa.
- Bangunan tipe ini diletakkan jika jarak antara $\sum$ dua bangunan bagi/sadap terlalu jauh dan pengaruh kemiringan saluran sehingga pengambilan-pengambilan yang terletak diantara bangunan tersebut tidak dapat berfungsi.
- Struktur tubuh pelimpah mercu relatif ramping, berkaitan dengan hal ini maka stabilitas dan kekuatan bagian-bagian struktur serta penyaluran gaya ke pondasi bangunan perlu dianalisis dengan cermat.
- Untuk memenuhi persyaratan kekuatan struktur, radius atau jari-jari mercu perlu diambil lebih besar atau sama dengan 0,10 m.
- Kalau dipakai disaluran, tipe ini memerlukan kehilangan energi (ΔH) yang relatif besar, supaya bisa disadap.
- Lebar saluran lebih dari 2 m.
- Tinggi maksimum di peluap h = 0,20 m. Atau 1/3 tinggi jagaan saluran dimana bangunan peluap tersebut dibangun.



Gambar 3-10. Perubahan Debit antara Pelimpah Biasa (Tetap) dengan Pelimpah Tipe Lengkung

3.7 Celah Kontrol Trapesium

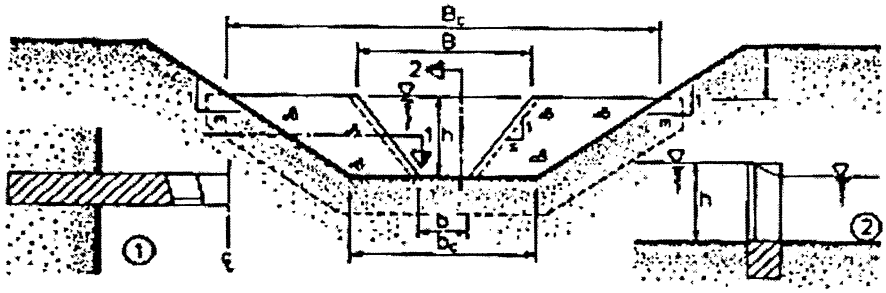
Seperti halnya mercu tetap, celah kontrol trapesium juga dipakai untuk mengatur tinggi muka air disaluran. Pengaturan tinggi muka air dengan menggunakan kedua alat tersebut didasarkan pada pencegahan terjadinya fluktuasi yang besar yang mengakibatkan berubah-ubahnya debit. Hal ini dicapai dengan jalan menghubung-hubungkan tinggi muka air dengan lengkung debit untuk saluran dan pengontrol atau bangunan pengatur (lihat Gambar 3-11.).



Gambar 3-11. Penggabungan Kurva Muka Air dan Kurva Debit

Tinggi ambang bangunan pengatur dapat dibuat sedemikian rupa sehingga untuk 2 debit di saluran dan di pengontrol sama besar. Untuk debit-debit antara jarak nilai ini, tinggi muka air akan berbeda-beda dan akan menyebabkan tinggi muka air di saluran meninggi atau menurun.

Dengan sebuah celah kontrol trapesium tinggi muka air di saluran dan di pengontrol dapat dijaga agar tetap sama untuk berbagai besaran debit. Jika dipakai tanpa ambang, celah kontrol itu akan menimbulkan gangguan kecil pada aliran air dan pengangkutan sedimen. Untuk ukuran-ukuran sebuah celah lihat Gambar 3-12.



Gambar 3-12. Sketsa Dimensi untuk Celah Kontrol

3.7.1 Perencanaan Hidrolis

Perencanaan celah kontrol trapesium didasarkan pada rumus untuk flum trapesium:

$$Q = Cd \{bc\ y_c + m\ y_c^2\} \{2g(H-y_c)\}^{0,5} \quad \text{.....3-5}$$

dimana:

C_d = koefisien debit ($\approx$ 1,05)

b = lebar dasar, m

y_c = kedalaman kritis pada pengontrol, m

m = kemiringan dinding samping celah, m

H = kedalaman energi di saluran, m

g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx$ 9,8 m/dt^2)

Persamaan ini dapat dipecahkan untuk b dan s yang ada. Grafik celah kontrol untuk berbagai b dan s ditunjukkan pada Gambar A.2.6 sampai A.2.12 dalam Lampiran II. Untuk membuat grafik-grafik ini Cd diambil 1,05.

Kegunaan grafik-grafik tersebut dalam perencanaan celah kontrol trapesium adalah untuk:

1. Menentukan besaran debit agar pengontrol dapat bekerja (misalnya 20-100%

dari Q rencana)

2. Memperhitungkan karakteristik saluran untuk kedua debit ini. Untuk memperhitungkan h_{20} (kedalaman air pada 20% Q rencana), dapat dipakai rumus perkiraan debit dalam saluran irigasi:

$$Q = C\,h^{1,8}, \frac{Q_{20}}{Q_{100}} = \frac{(h_{20})^{1,8}}{(h_{100})^{1,8}} \quad \text{..... 3-6}$$

$$\text{dan } h_{20} = \left(\frac{Q_{20}}{Q_{100}}\right)^{1,8} . h_{100} = (0,2)^{0,56} \text{ x } h_{100} = 0,14\, h_{100} \quad \text{..... 3-7}$$

3. Masukkan salah satu dari grafik – grafik tersebut dengan h_{100} (kedalaman energi dalam saluran untuk 100% debit rencana) dan Q_{100} lalu carilah harga s-nya. Lakukan hal yang sama untuk h_{20} dan Q_{20} jika didapat s yang sama, maka ini adalah celah kontrol yang harus dipilih, setelah itu grafik berikutnya harus diperiksa.

Karena bentuknya yang demikian, celah kontrol cocok untuk saluran dengan besar debit yang berbeda-beda.

3.7.2 Kelebihan Celah Kontrol Trapesium

- Bangunan ini tidak menaikkan atau menurunkan muka air di saluran untuk berbagai besaran debit.
- Bangunan ini kuat dan memberikan panjang ekstra disebelah hulu bangunan terjun dan dapat dengan mudah dilengkapi dengan pelimpah searah saluran.
- Bangunan ini tidak memakai ambang dan oleh karena itu dapat melewatkan benda-benda terapung dan sedimen dengan baik.

3.7.3 Kelemahan Celah Kontrol Trapesium

- Bangunan ini hanya baik untuk aliran tidak tenggelam melalui celah kontrol

3.8 Penggunaan Bangunan Pengatur Muka Air

Pintu skot balok dan pintu sorong adalah bangunan-bangunan yang cocok untuk mengatur tinggi muka air di saluran. Karena Pintu harganya mahal untuk lebih ekonomis maka digunakan bangunan pengatur muka air ini yang mempunyai fungsi ketelitiannya.

Kelebihan lain adalah bahwa pintu lebih mudah dioperasikan, mengontrol muka air dengan lebih baik dan dapat dikunci di tempat agar setelahnya tidak diubah oleh orang yang tidak berwenang.

Kelemahan utama yang dimiliki oleh pintu sorong adalah bahwa pintu ini kurang peka terhadap perubahan tinggi muka air dan, jika dipakai bersama dengan bangunan pelimpah (alat ukur *Romijn*), bangunan ini memiliki kepekaan yang sama terhadap perubahan muka air. Jika dikombinasi demikian, bangunan ini sering memerlukan penyesuaian.

Sebagai bangunan pengatur, tipe bangunan ini dianjurkan pemakaiannya karena tahan lama dan eksploitasinya mudah, walaupun mempunyaikelemahan seperti yang telah disebutkan tadi.

Bangunan pengontrol diperlukan di tempat-tempat dimana tinggi muka air saluran dipengaruhi oleh bangunan terjun atau got miring bangunan pengontrol. Misalnya mercu tetap atau celah trapesium, akan mencegah naik – turunnya tinggi muka air di saluran untuk berbagai besaran debit. Bangunan pengontrol tidak memberikan kemungkinan untuk mengatur muka air lepas dari debit.

Penggunaan celah trapesium lebih disukai apabila pintu sadap tidak akan dikombinasi dengan pengontrol.

Jika bangunan sadap akan dikombinasi dengan pengontrol, maka bangunan pengatur tetap lebih disukai, karena dinding vertikal bangunan ini dapat dengan mudah di kombinasi dengan pintu sadap.

BAB IV
BANGUNAN BAGI DAN SADAP

4.1 Bangunan Bagi

Apabila air irigasi dibagi dari saluran primer sekunder, maka akan dibuat bangunan bagi. Bangunan bagi terdiri dari pintu-pintu yang dengan teliti mengukur dan mengatur air yang mengalir ke berbagai saluran. Salah satu dari pintu-pintu bangunan bagi berfungsi sebagai pintu pengatur muka air, sedangkan pintu-pintu sadap lainnya mengukur debit (lihat Gambar 4-1.).

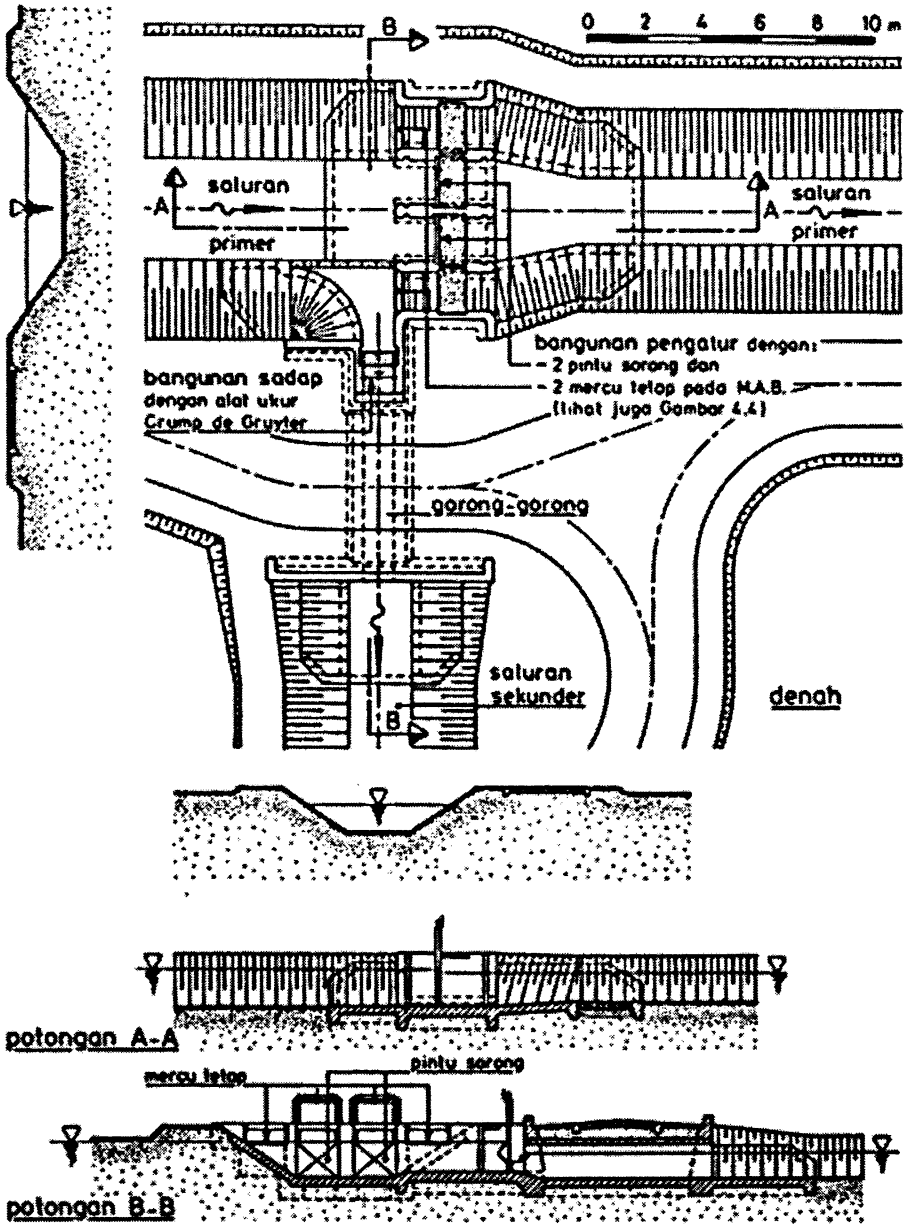
Pada cabang saluran dipasang pintu pengatur untuk saluran terbesar dan dipasang alat-alat pengukur dan pengatur di bangunan-bangunan sadap yang lebih kecil (lihat Gambar 4-3.).

Untuk membatasi sudut aliran dalam percabangan bangunan bagi dibuat sudut aliran antara 0° sampai 90°.

4.2 Bangunan Pengatur

Bangunan pengatur akan mengatur muka air saluran di tempat-tempat dimana terletak bangunan sadap dan bagi. Tabel 4-1. memberikan perbandingan bangunan-bangunan pengatur muka air.

Khususnya di saluran-saluran yang kehilangan tinggi energinya harus kecil (misal di kebanyakan saluran garis tinggi), bangunan pengatur harus direncana sedemikian rupa sehingga tidak banyak rintangan sewaktu terjadi debit rencana. Misalnya pintu sorong harus dapat diangkat sepenuhnya dari dalam air selama terjadi debit rencana, kehilangan energi harus kecil pada pintu skot balok jika semua balok dipindahkan.



Gambar 4-1. Saluran dengan Bangunan Pengatur dan Sadap ke Saluran Sekunder

Tabel 4-1. Perbandingan antara Bangunan-Bangunan Pengatur Air

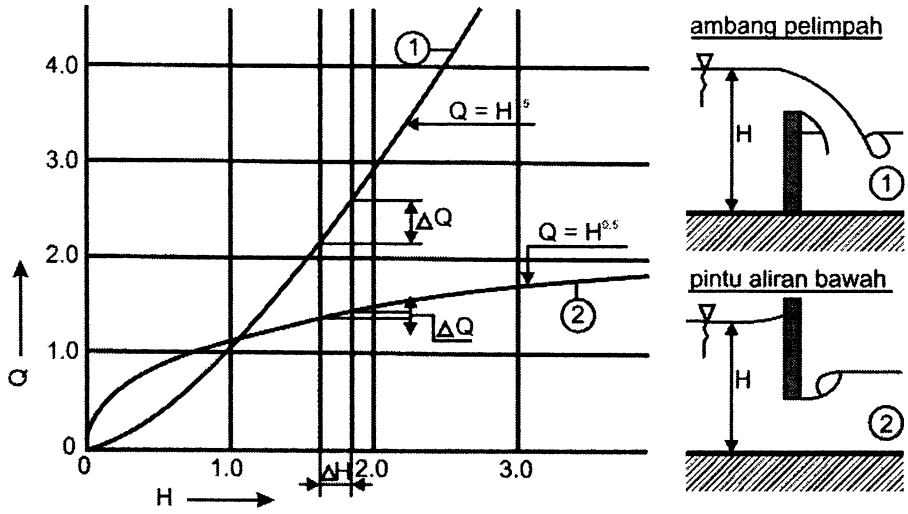
Bangunan Pengatur dan Pengontrol			Biaya Pembuatan	(1)	(2)	(3)	(4)	Dapat Distel	Keterangan
Mengatur	Skot Balok		Sedang	-	- +	- -	+	Ya	(1) = Eksponen U dalam Q = Kh_1^u (2) = Kemudahan pengoperasian (3) = Ketepatan pengaturan (4) = Muka air + + baik sekali + baik - + memadai - tidak memadai - - jelek
	Pintu Sorong		Mahal	+	+ +	+	- -	Ya	
	Pintu Radial		Sangat Mahal	+ +	+	+	+	Ya	
Mengontrol	Mercu Tetap		Sedang		-	- -	+ +	Tidak	
	Kontrol Celah Trapesium		Sedang		+	+ +	+	Tidak	
	Mercu Tipe U (Cocor Bebek)		Sedang		- +	- -	+	Tidak	

Di saluran-saluran sekunder; dimana kehilangan tinggi energi tidak merupakan hambatan, bangunan pengatur dapat direncana tanpa menggunakan pertimbangan-pertimbangan di atas.

Satu aspek penting dalam perencanaan bangunan adalah kepekaannya terhadap variasi muka air.

Gambar 4-2. memberikan ilustrasi mengenai perubahan-perubahan debit dari variasi muka air untuk pintu-pintu tipe aliran atas dan aliran bawah. Gambar tersebut memperlihatkan bahwa alat ukur aliran atas lebih peka terhadap fluktuasi muka air dibanding dengan pintu aliran bawah.

Kadang-kadang lebih menguntungkan dengan menggabung beberapa tipe bangunan utama: mercu tetap dengan pintu aliran bawah atau skot balok dengan pintu. Kombinasi ini terutama antara bangunan yang mudah dioperasikan dengan tipe yang tak mudah atau sulit dioperasikan. Oleh sebab itu, mercu tetap kadang-kadang dikombinasi dengan salah satu dari bangunan-bangunan pengatur lainnya, misalnya sebuah pintu dapat dipasang di sebelah mercu tetap.



Gambar 4-2. Perubahan Debit dengan Variasi Muka Air untuk Pintu Aliran Atas dan Aliran Bawah.

Tetapi di saluran yang angkutan sedimennya tinggi, penggunaan bangunan dengan mercu tidak disarankan karena bangunan-bangunan ini akan menangkap sedimen. Lagipula, mercu memerlukan lebih banyak kehilangan tinggi energi.

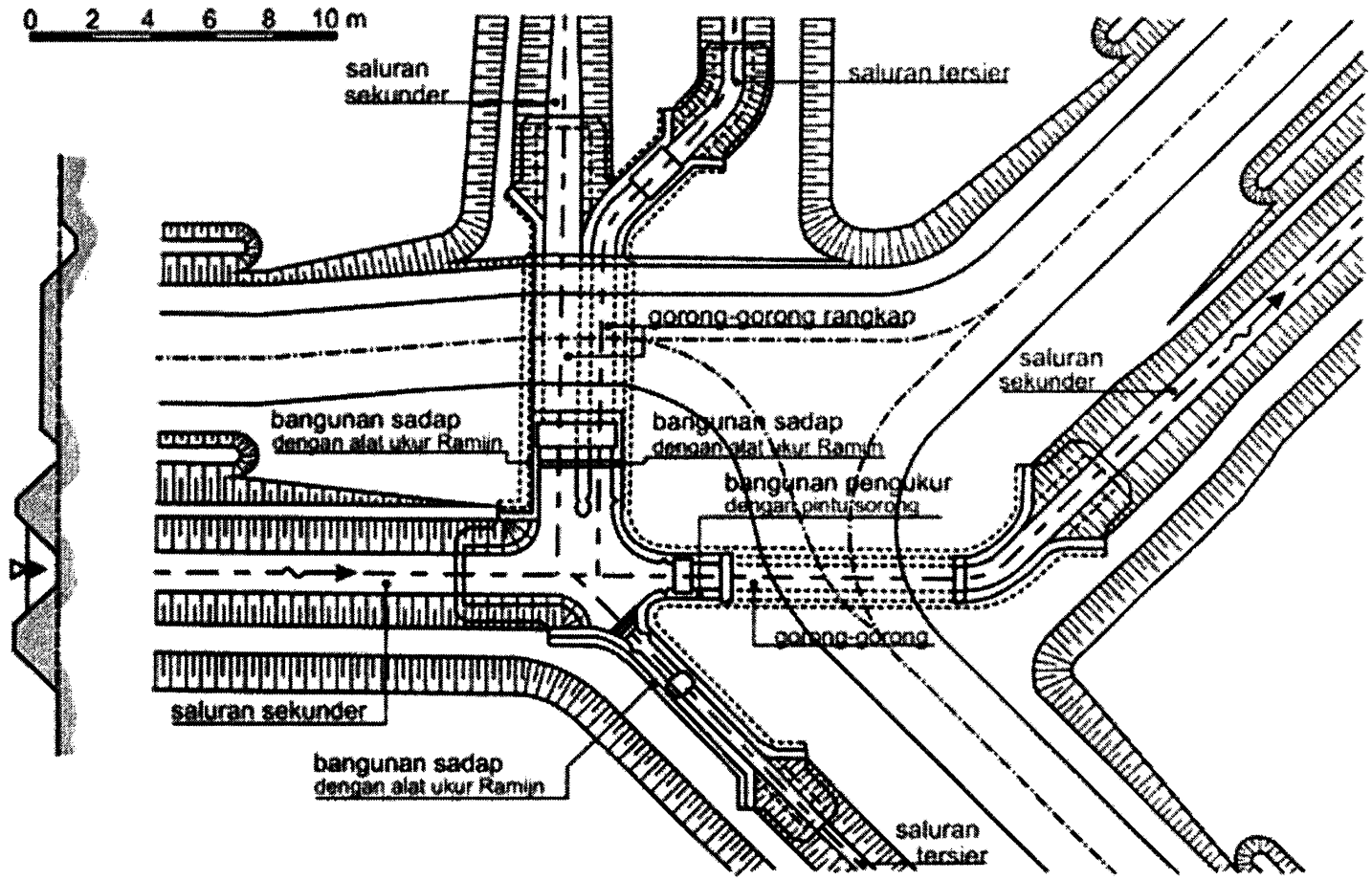
Khususnya bangunan-bangunan yang dibuat di saluran yang tinggi energinya harus dijaga agar tetap kecil, sebaiknya direncanakan tanpa mercu. Dengan demikian, sedimen bisa lewat tanpa hambatan dan kehilangan tinggi energi minimal.

Lebar bangunan pengatur berkaitan dengan kehilangan tinggi energi yang diizinkan serta biaya pelaksanaan; bangunan yang lebar menyebabkan sedikit kehilangan tinggi energi dibanding bangunan yang sempit, tetapi bangunan yang lebar lebih mahal (diperlukan lebih banyak pintu). Untuk saluran primer garis tinggi, kehilangan tinggi energi harus tetap kecil, yaitu 5 sampai 10 cm. Akibatnya bangunan pengatur di saluran primer lebar.

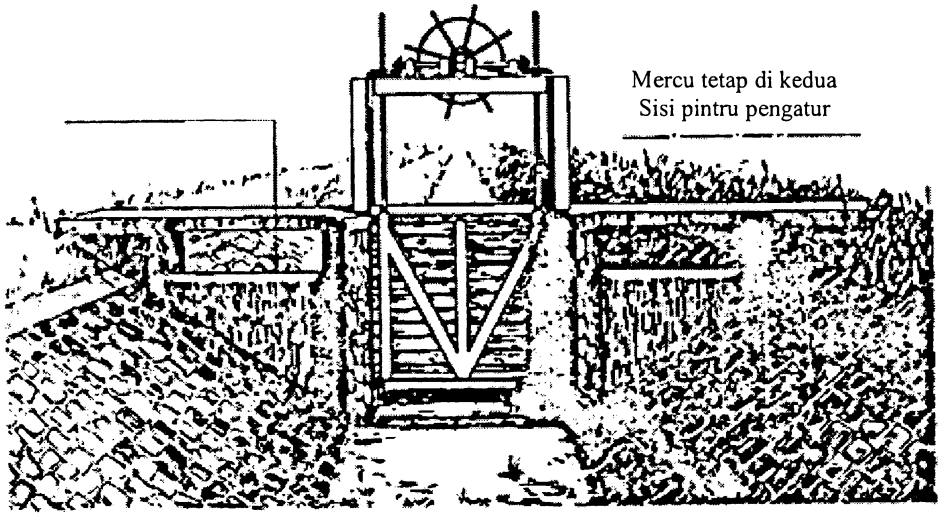
Saluran sekunder biasanya tegak lurus terhadap garis-garis kontur dan oleh sebab itu, kehilangan tinggi energi lebih besar dan bangunan pengaturnya lebih sempit.

Guna mengurangi kehilangan tinggi energi dan sekaligus mencegah penggerusan, disarankan untuk membatasi kecepatan di bangunan pengatur sampai kurang lebih 1,5 m/dt.

Dalam merencanakan bangunan pengatur, kita hendaknya selalu menyadari kemungkinan terjadinya keadaan darurat seperti debit penuh sementara pintu-pintu tertutup. Bangunan sebaiknya dilindungi dari bahaya seperti itu dengan pelimpah samping di saluran hulu atau kapasitas yang memadai di atas pintu atau alat ukur tambahan dengan mercu setinggi debit rencana maksimum (lihat Gambar 4-3. dan Gambar 4-4.)



Gambar 4-3. Saluran Sekunder dengan Bangunan Pengatur dan Sadap ke Berbagai Arah



Gambar 4-4. Bangunan Pengatur: Pintu Aliran Bawah dengan Mercu Tetap

Lebar pintu didesain sedemikian sehingga pada waktu pintu dibuka penuh, mercu samping belum mempunyai pengaruh terhadap pembendungan positif pada debit air sebesar 85% kali debit rencana maksimum (Q85%).

4.3 Bangunan Sadap

4.3.1 Bangunan Sadap Sekunder

Bangunan sadap sekunder akan memberi air ke saluran sekunder dan oleh sebab itu, melayani lebih dari satu petak tersier. Kapasitas bangunan-bangunan sadap ini secara umum lebih besar daripada 0,250 m^3/dt.

Ada empat tipe bangunan yang dapat dipakai untuk bangunan sadap sekunder, yakni:

- Alat ukur *Romijn*
- Alat ukur *Crump-de Gruyter*
- Pintu aliran bawah dengan alat ukur ambang lebar
- Pintu aliran bawah dengan alat ukur *Flume*

Tipe mana yang akan dipilih bergantung pada ukuran saluran sekunder yang akan diberi air serta besarnya kehilangan tinggi energi yang diizinkan.

Untuk kehilangan tinggi energi kecil, alat ukur *Romijn* dipakai hingga debit sebesar 2 m^3/dt; dalam hal ini dua atau tiga pintu Romijn dipasang bersebelahan. Untuk debit-debit yang lebih besar, harus dipilih pintu sorong yang dilengkapi dengan alat ukur yang terpisah, yakni alat ukur ambang lebar.

Bila tersedia kehilangan tinggi energi yang memadai, maka alat ukur *Crump-de Gruyter* merupakan bangunan yang bagus. Bangunan ini dapat direncanakan dengan pintu tunggal atau banyak pintu dengan debit sampai sebesar 0,9 m^3/dt setiap pintu.

4.3.2 Bangunan Sadap Tersier

Bangunan sadap tersier akan memberi air kepada petak-petak tersier. Kapasitas bangunan sadap ini berkisar antara 50 lt/dt sampai 250 lt/dt. Bangunan sadap yang paling cocok adalah alat ukur *Romijn*, jika muka air hulu diatur dengan bangunan pengatur dan jika kehilangan tinggi energi merupakan masalah.

Bila kehilangan tinggi energi tidak begitu menjadi masalah dan muka air banyak mengalami fluktuasi, maka dapat dipilih alat ukur *Crump-de Gruyter*. Harga antara debit Q_{maks}/Q_{min} untuk alat ukur *Crump-de Gruyter* lebih kecil daripada harga antara debit untuk pintu Romijn.

Di saluran irigasi yang harus tetap memberikan air selama debit sangat rendah, alat ukur *Crump-de Gruyter* lebih cocok karena elevasi pengambilannya lebih rendah daripada elevasi pengambilan pintu *Romijn*.

Sebagai aturan umum, pemakaian beberapa tipe bangunan sadap tersier sekaligus di satu daerah irigasi tidak disarankan. Penggunaan satu tipe bangunan akan lebih mempermudah pengoperasiannya.

Untuk bangunan sadap tersier yang mengambil air dari saluran primer yang besar,

dimana pembuatan bangunan pengatur akan sangat mahal dan muka air yang diperlukan di petak tersier rendah dibanding elevasi air selama debit rendah disaluran, akan menguntungkan untuk memakai bangunan sadap pipa sederhana dengan pintu sorong sebagai bangunan penutup. Debit maksimum melalui pipa sebaiknya didasarkan pada muka air rencana di saluran primer dan petak tersier. Hal ini berarti bahwa walaupun mungkin debit terbatas sekali, petak tersier tetap bisa diairi bila tersedia air di saluran primer pada elevasi yang cukup tinggi untuk mengairi petak tersebut.

4.3.3 Bangunan Bagi dan Sadap Kombinasi Sistem Proporsional

Pada daerah irigasi yang letaknya cukup terpencil, masalah pengoperasian pintu sadap bukan masalah yang sederhana, semakin sering jadwal pengoperasian semakin sering juga pintu tidak dioperasikan. Artinya penjaga pintu sering tidak mengoperasikan pintu sesuai jadwal yang seharusnya dilakukan. Menyadari keadaan seperti ini untuk mengatasi hal tersebut ada pemikiran menerapkan pembagian air secara proporsional. Sistem proporsional ini tidak memerlukan pintu pengatur, pembagi, dan pengukur.

Sistem ini memerlukan persyaratan khusus, yaitu:

- Elevasi ambang ke semua arah harus sama
- Bentuk ambang harus sama agar koefisien debit sama
- Lebar bukaan proporsional dengan luas sawah yang diairi

Syarat aplikasi sistem ini adalah:

- melayani tanaman yang sama jenisnya (monokultur)
- jadwal tanam serentak
- ketersediaan air cukup memadai

Sehingga sistem proporsional tidak dapat diaplikasikan pada sistem irigasi di Indonesia pada umumnya, mengingat syarat-syarat tersebut di atas sulit terpenuhi.

Menyadari kelemahan-kelemahan dalam sistem proporsional dan sistem diatur

(konvensional), maka dibuat alternatif bangunan bagi dan sadap dengan kombinasi kedua sistem tersebut yang kita sebut dengan sistem kombinasi.

Bangunan ini dapat berfungsi ganda yaitu melayani sistem konvensional maupun sistem proporsional. Dalam implementasi pembagian air diutamakan menerapkan sistem konvensional. Namun dalam kondisi tertentu yang tidak memungkinkan untuk mengoperasikan pintu-pintu tersebut, maka diterapkan sistem proporsional.

Sistem kombinasi ini direncanakan dengan urutan sebagai berikut:

- Berdasarkan elevasi sawah tertinggi dari lokasi bangunan-bangunan sadap tersebut ditentukan elevasi muka air di hulu pintu sadap.
- Elevasi ambang setiap bangunan sadap adalah sama, yaitu sama dengan elevasi ambang dari petak tersier yang mempunyai elevasi sawah tertinggi.

Kebutuhan air (lt/det/ha) setiap bangunan sadap harus sama, sehingga perbandingan luas petak tersier, debit dan lebar ambang pada setiap bangunan sadap adalah sama.

4.3.4 Tata Letak Bangunan Bagi dan Sadap

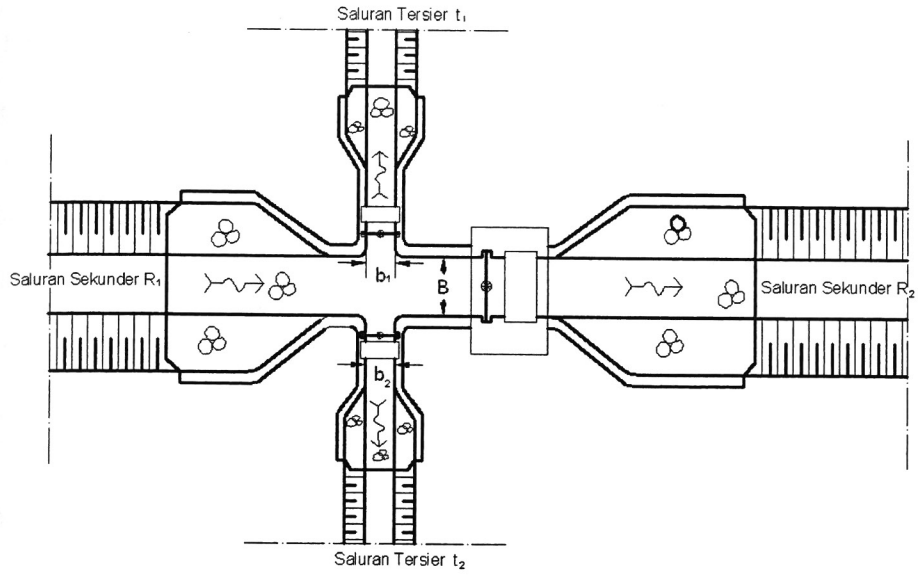
Bangunan bagi sadap seperti diuraikan subbab diatas terdiri dari bangunan sadap tersier; bangunan/pintu sadap ke saluran sekunder dengan kelengkapan pintu sadap dan alat ukur; serta bangunan/pintu pengatur muka air. Tata letak dari bangunan bagi sadap ini bisa dibuat 2 alternatif, yaitu:

- Bentuk Menyamping
- Bentuk Numbak

a. Bentuk Menyamping

Posisi bangunan/pintu sadap tersier atau sekunder berada disamping kiri atau kanan saluran dengan arah aliran ke petak tersier atau sekunder mempunyai sudut tegak lurus (pada umumnya) sampai 45°. Bentuk ini mempunyai kelemahan kecepatan datang kearah lurus menjadi lebih besar dari pada yang kearah menyamping, sehingga jika diterapkan sistem proporsional kurang akurat. Sedangkan kelebihannya peletakan

bangunan ini tidak memerlukan tempat yang luas, karena dapat langsung diletakkan pada saluran tersier/saluran sekunder yang bersangkutan.

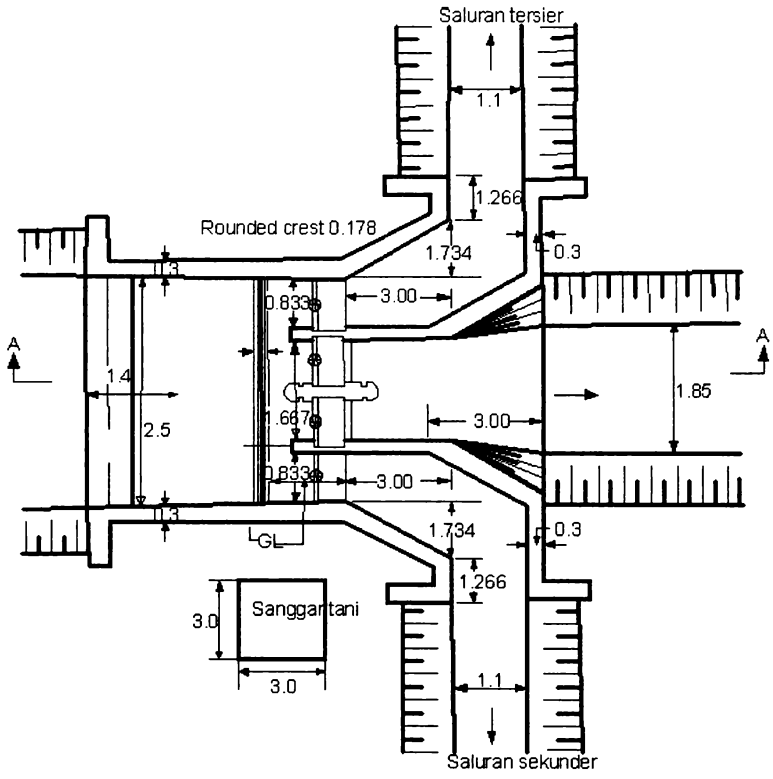


Gambar 4-5. Tata Letak Bangunan Bagi Sadap Bentuk Menyamping

b. Bentuk Numbak

Bentuk numbak meletakkan bangunan bagi sekunder, sadap tersier dan bangunan pengatur pada posisi sejajar, sehingga arah alirannya searah.

Bentuk seperti ini mempunyai kelebihan kecepatan datang aliran untuk setiap bangunan adalah sama. Sehingga bentuk ini sangat cocok diterapkan untuk sistem proporsional. Tetapi bentuk ini mempunyai kelemahan memerlukan areal yang luas, semakin banyak bangunan sadapnya semakin luas areal yang diperlukan.



Gambar 4-6. Tata Letak Bangunan Bagi Sadap Bentuk Numbak

BAB V
BANGUNAN PEMBAWA

5.1 Pendahuluan

Dalam saluran terbuka, ada berbagai bangunan yang digunakan untuk membawa air dari satu ruas hulu ke ruas hilir. Bangunan-bangunan ini bisa dibagi menjadi dua kelompok sesuai jenis aliran hidrolisnya yaitu:

(i) bangunan-bangunan dengan aliran subkritis, dan

(ii) bangunan-bangunan dengan aliran superkritis.

Contoh untuk kelompok bangunan pertama adalah gorong-gorong (Gambar 5-1.), flum (Gambar 5-2.), talang (Gambar 5-3.) dan sipon (Gambar 5-4.). Contoh untuk kelompok kedua adalah bangunan-bangunan pengukur dan pengatur debit (Bab II), bangunan terjun serta got miring. Kelompok subkritis bangunan pembawa akan dibicarakan dalam subbab 5.2 sampai 5.5, bangunan terjun dan got miring dalam subbab 5.7 dan 5.8.

5.2 Kelompok Subkritis

5.2.1 Perencanaan Hidrolis

Kecepatan Di Bangunan Pembawa

Untuk membatasi biaya pelaksanaan bangunan pembawa subkritis, kecepatan aliran di bangunan tersebut dibuat lebih besar daripada kecepatan di ruas saluran hulu maupun hilir.

Untuk menghindari terjadinya gelombang-gelombang tegak di permukaan air dan untuk mencegah agar aliran tidak menjadi kritis akibat berkurangnya kekasaran saluran atau gradien hidrolis yang lebih curam, maka bilangan *Froude* dari aliran yang dipercepat tidak boleh lebih dari 0,5.

Dengan istilah lain,

$$Fr = \frac{v_a}{\sqrt{g\,A\,/\,B}} \leq 0{,}5 \quad \text{.....} \quad 5\text{-}1$$

dimana:

Fr = bilangan *Froude*

v_a = kecepatan rata-rata dalam bangunan, m/dt

g = percepatan gravitasi, m/dt^2 (9,8m/dt^2)

A = luas aliran, m^2

B = lebar permukaan air terbuka, m

Kecepatan aliran rata-rata di saluran pembawa terbuka dapat dihitung dengan persamaan *Strickler/Manning*.

Untuk pipa sipon beraliran penuh, lebar permukaan air sama dengan nol, jadi bilangan *Froude* tidak bisa ditentukan. Kecepatan yang diizinkan di dalam pipa diakibatkan oleh optimasi ekonomis bahan konstruksi, biaya, mutu konstruksi dan kehilangan tinggi energi yang ada. Untuk sipon yang relatif pendek, biasanya kecepatan alirannya kurang dari 2 m/dt.

5.2.2 Kehilangan Akibat Gesekan

Kehilangan energi akibat gesekan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Delta H_f = \frac{v^2 L}{C^2 R} = \frac{2gL}{C^2 R} \times \frac{v^2}{2g} \quad \text{.....} \quad 5\text{-}2$$

dimana:

ΔH_f = kehilangan akibat gesekan, m

v = kecepatan dalam bangunan, m/dt

L = panjang bangunan, m

R = jari-jari hidrolis, m (A/P)

A = luas basah, m^2

P = keliling basah, m

C = koefisien *Chezy* ($C=k\ R^{1/6}$)

k = koefisien kekasaran *Strickler*, $m^{1/3}/dt$ (lihat tabel Tabel 5-1.)

g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx 9{,}8 m/dt^2$)

Tabel 5-1. Harga-harga Harga Koefisien Kekasaran *Strickler* (k)

Bahan	k ($m^{1/3}/dt$)
Baja beton	76
Beton, bentuk kayu, tidak selesai	70
Baja	80
Pasangan batu	60

5.2.3 Kehilangan Energi Pada Peralihan

Untuk peralihan dalam saluran terbuka dimana bilangan *Froude* aliran yang dipercepat tidak melebihi 0,5 kehilangan energi pada peralihan masuk dan peralihan keluar ΔH_{masuk} atau ΔH_{keluar} dinyatakan mamakai rumusan *Borda*:

$$\Delta H_{masuk} = \xi_{masuk} \frac{(v_a - v_1)^2}{2g} \quad \text{.....5-3}$$

$$\Delta H_{keluar} = \xi_{keluar} \frac{(v_a - v_2)^2}{2g} \quad \text{.....5-4}$$

dimana:

ΔH_{masuk} & ΔH_{keluar} = faktor kehilangan energi yang bergantung kepada bentuk hidrolis peralihan dan apakah kehilangan itu pada peralihan masuk atau keluar

v_a = kecepatan rata-rata yang dipercepat dalam bangunan pembawa, m/dt

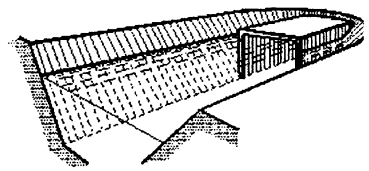
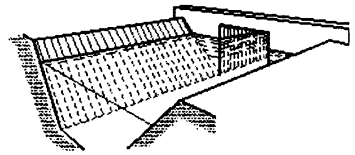
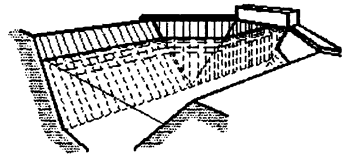
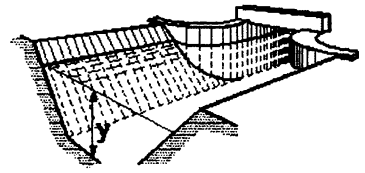
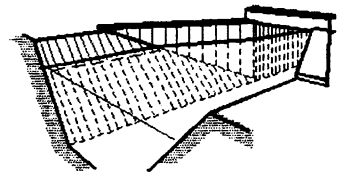
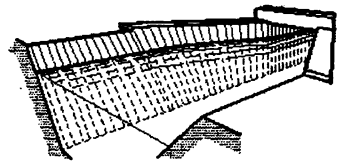
v_1, v_2 = kecepatan rata-rata di saluran hulu (v_1) atau hilir (v_2), m/dt

Harga-harga faktor kehilangan energi untuk peralihan yang biasa dipakai dengan permukaan air bebas diperlihatkan pada Gambar 5-1. Faktor-faktor yang diberikan untuk perencanaan-perencanaan ini tidak hanya berlaku untuk gorong-gorong, tetapi juga untuk peralihan talang dan saluran flum pembawa.

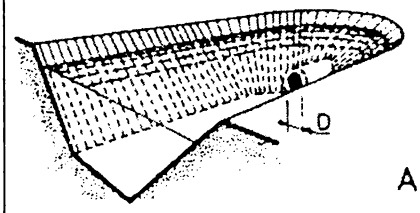
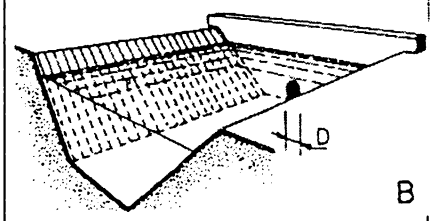
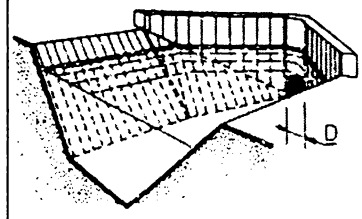
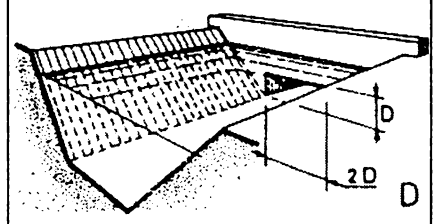
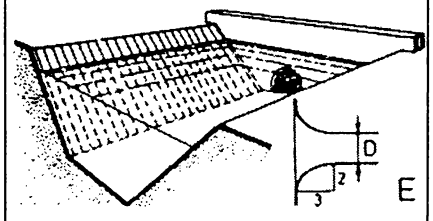
Dalam hal ini ada tiga tipe peralihan yang dianjurkan. Anjuran ini didasarkan pada kekuatan peralihan, jika bangunan dibuat dari pasangan batu. Jika peralihan itu dibuat dari beton bertulang, maka akan lebih leluasa dalam memilih tipe yang dikehendaki, dan pertimbangan-pertimbangan hidrolik mungkin memainkan peranan penting.

Bila permukaan air di sebelah hulu gorong-gorong sedemikian sehingga pipa gorong-gorong itu mengalirkan air secara penuh, maka bangunan ini biasa disebut sipon. Aliran penuh demikian sering diperoleh karena pipa sipon condong ke bawah di belakang peralihan masuk dan condong ke atas lagi menjelang sampai di peralihan keluar.

Kehilangan peralihan masuk dan keluar untuk sipon seperti ini, atau saluran pipa pada umumnya, lain dengan kehilangan untuk peralihan aliran bebas.

		Persamaan		
		5-3		5-4
		ξ masuk		ξkeluar
Pipa gorong-gorong sampai ke peralihan samping saluran		I	0,50	1,00
Dianjurkan Pipa gorong-gorong sampai di dinding hulu melalui saluran		II	0,50	1,00
Peralihan punggung patah dengan sudut pelebaran 1:1 atau 1:2		III	0,30	0,60
Dianjurkan Dinding hulu dengan peralihan yang dibulatkan dengan jari-jari lebih dari 0,1 y		IV	0,25	0,50
Dianjurkan Peralihan punggung patah dengan sudut pelebaran sekitar 1:5		V	0,20	0,40
Peralihan berangsur antara potongan melintang segiempat dan trapesium		VI	0,10	0,20

Gambar 5-1. Koefisien Kehilangan Tinggi Energi untuk Peralihan-Peralihan dari Bentuk Trapesium ke Segi Empat dengan Permukaan Air Bebas (dan Sebaliknya) (dari *Bos andReinink,* 1981; dan *Idel'cik*, 1960)

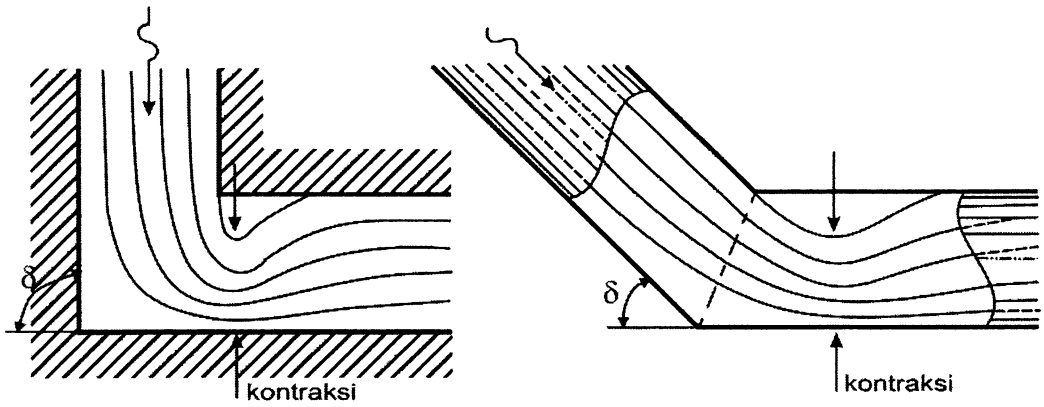
			Persamaan	
			5-3	5-4
			ξ_{masuk}	ξ_{keluar}
DIANJURKAN	Saluran pipa sampai pada peralihan samping saluran		0,65	1,00
DIANJURKAN	Barel saluran pipa dihubungkan langsung dengan dinding hulu melalui saluran		0,55	1,10
	Barel saluran pipa dihubungkan dengan peralihan punggung patah dengan sudut pelebaran 1:4		0,50	0,65
DIANJURKAN	Peralihan pipa panjang 6 D menghubungkan saluran pipa dengan dinding hulu melalui saluran (bulat sampai segi empat)		0,40	0,10
	Barel saluran pipa dihubungkan dengan peralihan mulut terompet, elips dengan sumbu D:1,5 D		0,10	0,20

Gambar 5-2. Koefisien Kehilangan Tinggi Energi untuk Peralihan-Peralihan dari Saluran Trapesium ke Pipa dan Sebaliknya (Menurut *Simons*, 1964 dan *Idel'cik*, 1960)

Harga-harga ξ_{masuk} dan ξ_{keluar} untuk peralihan yang biasa digunakan dari saluran trapesium ke pipa dan sebaliknya, ditunjukkan pada Gambar 5-2. Alasan dianjurkannya penggunaan tipe tersebut adalah karena dipandang dari segi konstruksi tipe tersebut mudah dibuat dan kuat.

5.2.4 Kehilangan Tinggi di Bagian Siku dan Tikungan

Bagian siku dan tikungan dalam sipon atau pipa menyebabkan perubahan arah aliran dan sebagai akibatnya, perubahan pembagian kecepatan pada umumnya. Akibat perubahan dalam pembagian kecepatan ini, ada peningkatan tekanan piesometris di luar bagian siku atau tikungan, dan ada penurunan tekanan didalam. Penurunan ini bisa sedemikian sehingga aliran terpisah dari dinding padat (*solid boundary*) dan dengan demikian menyebabkan bertambahnya kehilangan tinggi energi akibat turbulensi/olakan (lihat Gambar 5-3.).



Gambar 5-3. Peralihan Aliran pada Bagian Siku

Kehilangan energi pada bagian siku dan tikungan, ΔH_b yang jumlahnya lebih besar dari kehilangan akibat gesekan (lihat persamaan 5-2) bisa dinyatakan sebagai fungsi tinggi kecepatan di dalam pipa itu:

$$\Delta H_b = K_b \frac{v_a^2}{2g} \quad \text{.....5-5}$$

Dimana K_b adalah koefisien kehilangan energi, yang harga-harganya akan disajikan dibawah ini.

Bagian Siku

Untuk perubahan arah aliran yang mendadak (pada bagian siku), koefisien kehilangan energi K_b ditunjukkan pada Tabel 5-2. Seperti tampak pada Tabel, harga-harga K_b untuk profil persegi ternyata lebih tinggi daripada untuk profil bulat. Hal ini disebabkan oleh pembagian kecepatan yang kurang baik dan turbulensi yang timbul di dalam potongan segi empat.

Tabel 5-2. Harga-Harga K_b untuk Bagian Siku Sebagai Fungsi Sudut dan Potongannya

POTONGAN	SUDUT δ								
	5°	10°	15°	22,5°	30°	45°	60°	75°	90°
Bulat	0,02	0,03	0,04	0,05	0,11	0,24	0,47	0,80	1,10
Segi Empat	0,02	0,04	0,05	0,06	0,14	0,30	0,60	1,00	1,40

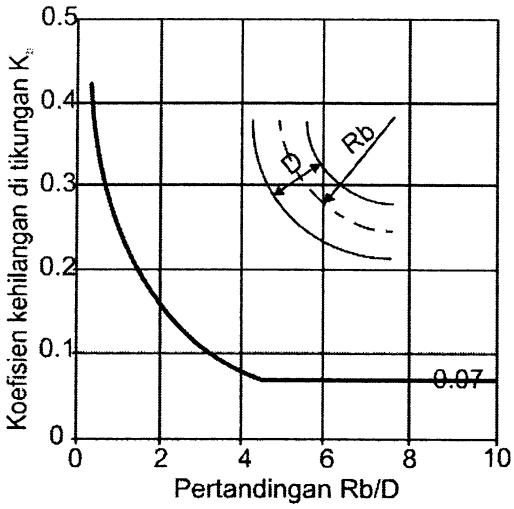
Tikungan

Kehilangan energi pada tikungan di dalam saluran pipa tekan (*conduit*) yang mengalirkan air secara penuh, disamping kehilangan akibat gesekan dalam persamaan 5-2, dapat dinyatakan sebagai fungsi nilai banding R_b/D, dimana R_b adalah jari-jari tikungan dan D adalah diameter pipa atau tinggi saluran segi empat pada tikungan tersebut Gambar 5-4.a. menyajikan harga-harga K_b yang cocok untuk tikungan saluran berdiameter besar dengan tikungan 90°.

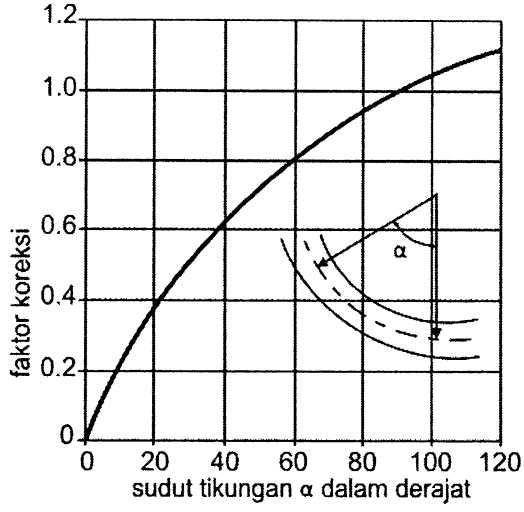
Gambar tersebut menunjukkan bahwa jika nilai banding R_b/D melebihi 4, maka harga K_b menjadi hampir konstan pada 0,07, jadi tikungan berjari-jari lebih besar tidak lebih menghemat energi.

Untuk tikungan-tikungan yang tidak 90°, harga K_b pada Gambar 5-4.a. dikoreksi

dengan sebuah faktor seperti yang disajikan pada Gambar 5-4.b. Harga-harga faktor ini diberikan sebagai fungsi sudut α.



a. Harga-harga Kb untuk tikungan 90° pada saluran tertutup (USBR)



b. Faktor koreksi untuk koefisien kehilangan di tikungan pada saluran tertutup

Gambar 5-4. Harga-Harga Kb untuk Tikungan 90° pada Saluran Tertutup (USBR) dan Faktor Koreksi untuk Koefisien Kehilangan di Tikungan pada Saluran Tertutup

5.3 Standar Peralihan Saluran

Dinding bengkok sudah sering digunakan sebagai peralihan saluran dengan pertimbangan bahwa kehilangan masuk dan keluarnya kecil. Akan tetapi, dianjurkan untuk memakai peralihan dinding tegak, karena jenis ini lebih kuat dan pemeliharaannya mudah.

Peralihan standar untuk saluran tekan adalah peralihan berdinding vertikal yang berbentuk kuadran silinder atau peralihan dinding melebar bulat dengan sudut dinding kurang dari 45° terhadap as saluran. Gambar 5-5. memperlihatkan standar peralihan-peralihan ini.

Geometri peralihan-peralihan tersebut sama, baik untuk bangunan masuk maupun keluar, kecuali bahwa lindungan salurannya diperpanjang sampai ke sisi bangunan keluar untuk melindungi tanggul terhadap erosi. Panjang lindungan ini dan jari-jari lengkung peralihan dihubungkan dengan kedalaman air. Untuk kolam olak diberikan tipe peralihan pada Gambar 5-5.d.

Kemungkinan-kemungkinan kombinasi adalah sebagai berikut:

5-5.a dengan 5-5.b

5-5.a dengan 5-5.d untuk bangunan terjun

5-5.c dengan 5-5.b

5-5.e dengan 5-5.d untuk bangunan terjun

Faktor-faktor kehilangan energi (lihat persamaan 5-3 dan 5-4) untuk standar peralihan ini adalah:

$\xi_{masuk} = 0{,}25$

$\xi_{keluar} = 0{,}50$ untuk 5,5d $\xi_{keluar} = 1{,}0$.

Umumnya dengan peralihan-peralihan tipe ini kehilangan tinggi energi menjadi begitu kecil hingga hampir boleh diabaikan. Akan tetapi, untuk menutup kehilangan-kehilangan kecil yang mungkin terjadi seperti yang diakibatkan oleh gesekan pada bangunan, turbulensi akibat celah-celah pintu dan sebagainya, diambil kehilangan tinggi energi minimum 0,05 m di bangunan-bangunan saluran yang membutuhkan peralihan. Untuk jembatan-jembatan tanpa pilar tengah, kehilangan minimum tinggi energi ini dapat dikurangi sampai 0,03 m.

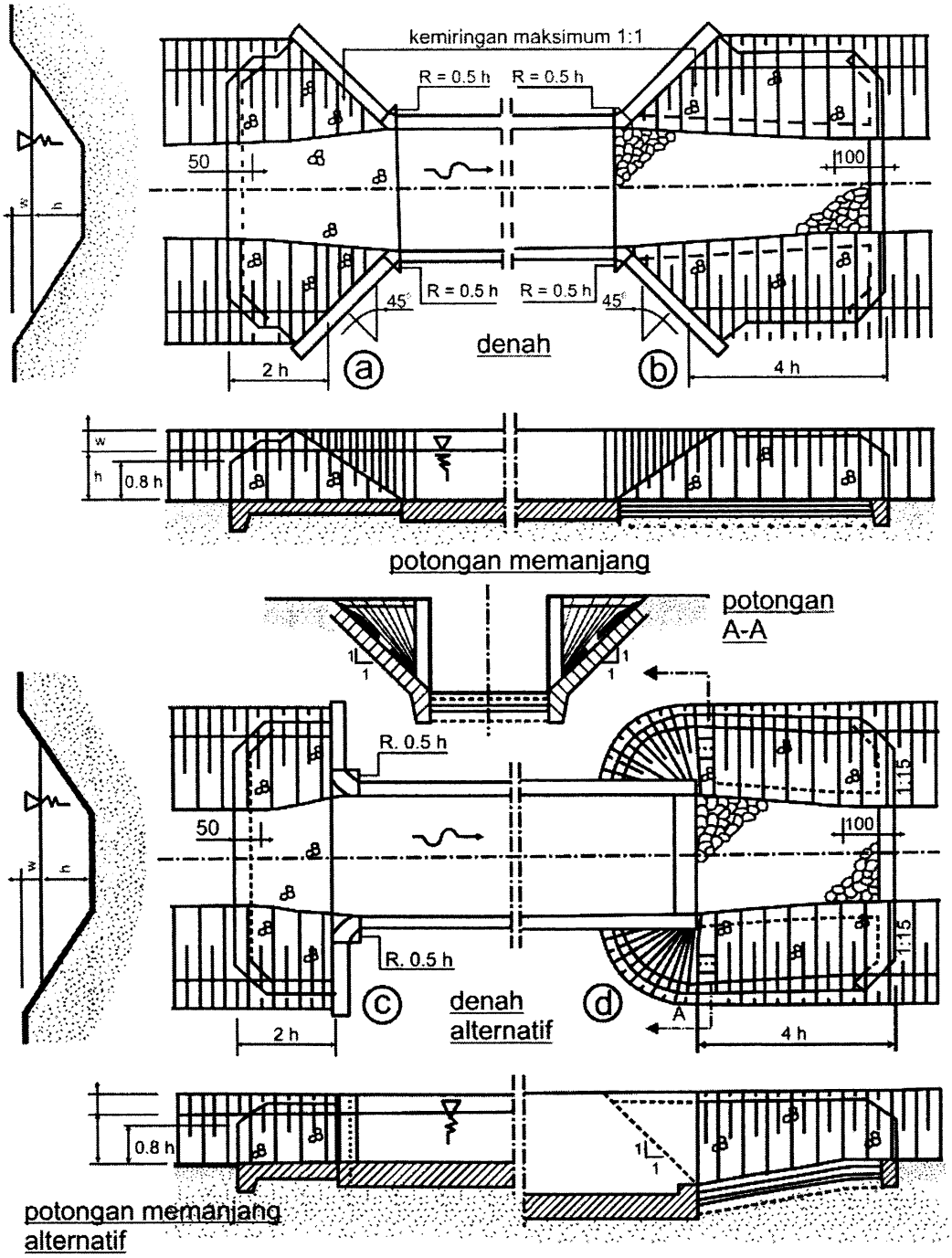
5.4 Gorong-Gorong

5.4.1 Umum

Gorong-gorong adalah bangunan yang dipakai untuk membawa aliran air (saluran irigasi atau pembuang) melewati bawah jalan air lainnya (biasanya saluran), bawah jalan, atau jalan kereta api.

Gorong-gorong (lihat Gambar 5-6.) mempunyai potongan melintang yang lebih kecil daripada luas basah saluran hulu maupun hilir. Sebagian dari potongan melintang mungkin berada diatas muka air. Dalam hal ini gorong-gorong berfungsi sebagai saluran terbuka dengan aliran bebas.

Pada gorong-gorong aliran bebas, benda-benda yang hanyut dapat lewat dengan mudah, tetapi biaya pembuatannya umumnya lebih mahal dibanding gorong-gorong tenggelam. Dalam hal gorong-gorong tenggelam, seluruh potongan melintang berada dibawah permukaan air. Biaya pelaksanaan lebih murah, tetapi bahaya tersumbat lebih besar.



Gambar 5-5. Standar Peralihan Saluran

Karena alasan-alasan pelaksanaan, harus dibedakan antara gorong-gorong pembuang silang dan gorong-gorong jalan:

- Pada gorong-gorong pembuang silang, semua bentuk kebocoran harus dicegah. Untuk ini diperlukan sarana-sarana khusus
- Gorong-gorong jalan harus mampu menahan berat beban kendaraan.

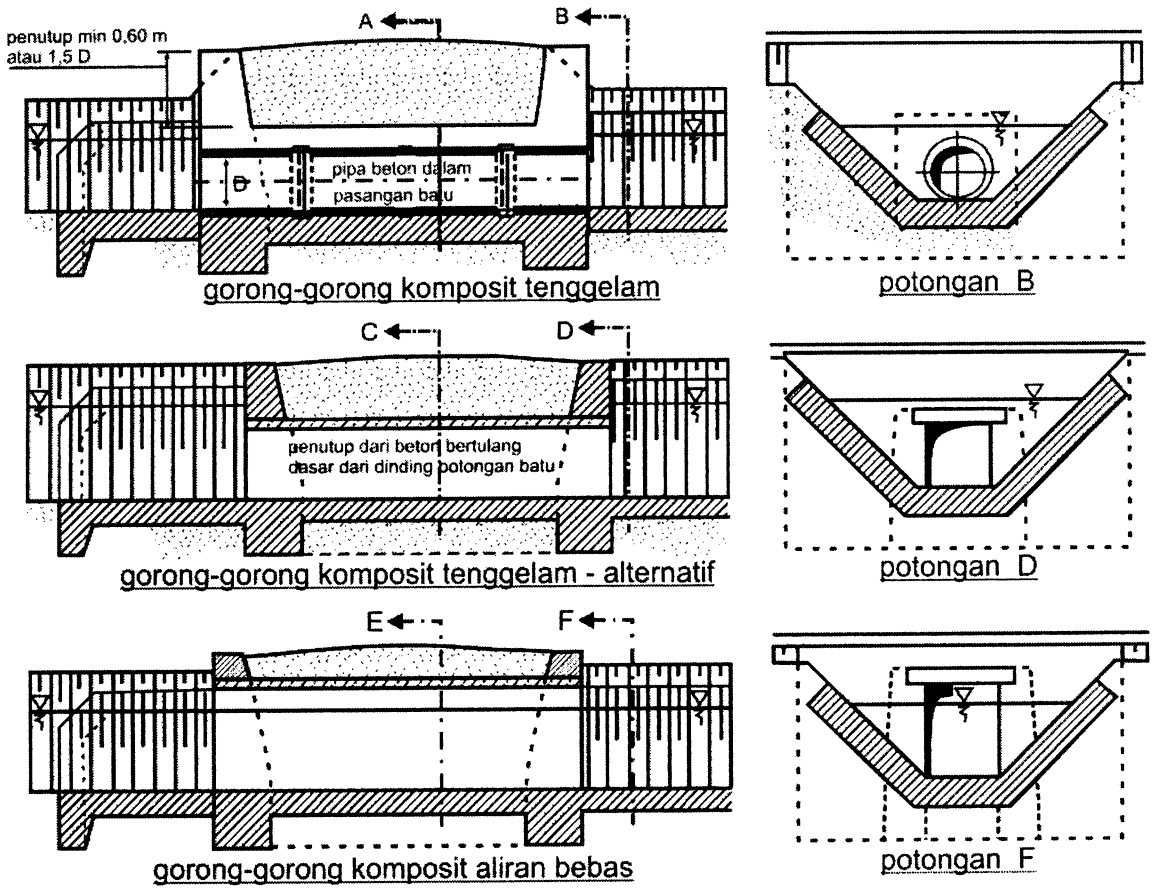
5.4.2 Kecepatan Aliran

Kecepatan yang dipakai di dalam perencanaan gorong-gorong bergantung pada jumlah kehilangan energi yang ada dan geometri lubang masuk dan keluar. Untuk tujuan-tujuan perencanaan, kecepatan diambil 1,5 m/dt untuk gorong-gorong di saluran irigasi dan 3 m/dt untuk gorong-gorong di saluran pembuang.

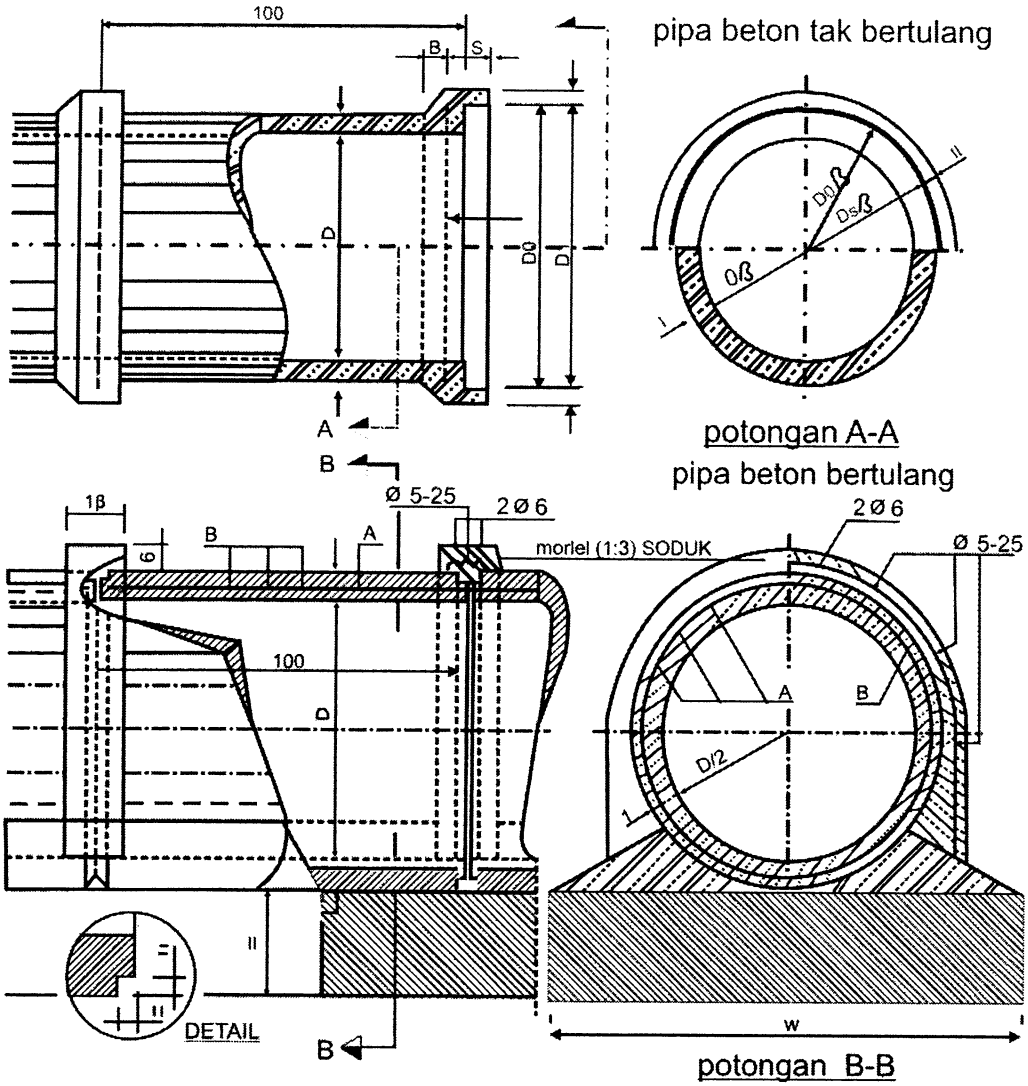
5.4.3 Ukuran-Ukuran Standar

Hanya diameter dan panjang standar saja yang mempunyai harga praktis. Diameter minimum pipa yang dipakai di saluran primer adalah 0,60 m.

Gambar dibawah ini menyajikan dimensi-dimensi dan detail khusus untuk pipa beton standar.



Gambar 5-6. Perlintasan dengan Jalan Kecil (Gorong-Gorong)



ukuran untuk pipa beton standar

ukuran dalam cm
diameter baja dalam mm

D	W	H	t	U	Ls	Ls	Ds	Db	S	B	tulangan	
											A	B
50	100	30	55		-	7	54.5	53	12	5		
50	120	30	65		-	7	76.5	75	12			
70	130	30	35	2.5							Ø10-11.5	10 Ø 6
60	140	25	15	3							Ø10-10	8 Ø 8
100	150	25	11	3							Ø10-10	8 Ø 10
125	220	60	12	3							Ø12-111.5	8 Ø 10

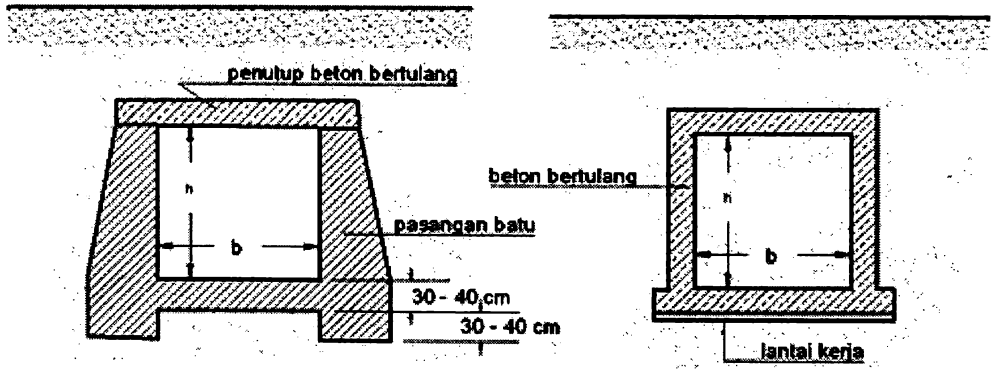
Gambar 5-7. Standar Pipa Beton

5.4.4 Penutup Minimum

Penutup diatas gorong-gorong pipa dibawah jalan atau tanggul yang menahan berat kendaraan harus paling tidak sama dengan diameternya, dengan minimum 0,60 m. Gorong-gorong pembuang yang dipasang dibawah saluran irigasi harus memakai penyambung yang kedap air, yaitu dengan ring penyekat dari karet. Seandainya sekat penyambung ini tidak ada, maka semua gorong-gorong dibawah saluran harus disambung dengan beton tumbuk atau pasangan.

5.4.5 Gorong-Gorong Segi Empat

Gorong-gorong segi empat dibuat dari beton bertulang atau dari pasangan batu dengan pelat beton bertulang sebagai penutup. Gorong-gorong tipe pertama terutama digunakan untuk debit yang besar atau bila yang dipentingkan adalah gorong-gorong yang kedap air. Gorong-gorong dari pasangan batu dengan pelat beton bertulang sangat kuat dan pembuatannya mudah. Khususnya untuk tempat-tempat terpencil, gorong – gorong ini sangat ideal Gambar 5-8. menyajikan contoh tipe gorong-gorong yang telah dijelaskan diatas.



Gambar 5-8. Gorong-Gorong Segi Empat

5.4.6 Kehilangan Tinggi Energi untuk Gorong-Gorong yang Mengalir Penuh

Untuk gorong-gorong pendek (L < 20 m) seperti yang biasa direncana dalam jaringan irigasi, harga-harga m seperti yang diberikan pada Tabel 5-4. dapat dianggap sebagai mendekati benar atau untuk rumus

$$Q = \mu A\sqrt{2gz} \quad \text{.....5-6}$$

dimana:

Q = debit, m^3/dt

μ = koefisien debit (lihat Tabel 5-3.)

A = luas pipa, m^2

g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx$ 9,8 m/dt^2)

z = kehilangan tinggi energi pada gorong-gorong, m

Tabel 5-3. Harga-Harga μ dalam Gorong-Gorong Pendek

Tinggi Dasar Di Bangunan =Di Saluran		Tinggi Dasar Di Bangunan Lebih Tinggi Daripada Di Saluran		
Sisi	μ	Ambang	Sisi	μ
Segi Empat	0,80	Segi Empat	Segi Empat	0,72
Bulat	0,90	Bulat	Segi Empat	0,76
		Bulat	Bulat	0,85

Untuk gorong-gorong yang lebih panjang dari 20 m atau di tempat-tempat dimana diperlukan perhitungan yang lebih teliti, kehilangan tinggi energi berikut dapat diambil:

Kehilangan masuk: $\Delta H_{masuk} = \xi_{masuk}\frac{(v_a - v)^2}{2g}$ 5-7

Kehilangan akibat gesekan: $\Delta H_f = C_f\frac{v^2}{2g} = \frac{v^2 L}{C^2 R}$ 5-8

dimana:

C = $kR^{1/6}$, k adalah koefisien kekasaran *Strickler* (k = 1/n = 70 untuk pipa beton)

R = jari-jari hidrolis, m untuk pipa dengan diameter D : R = ¼ D

L = panjang pipa, m

v = kecepatan aliran dalam pipa, m/dt

va = kecepatan aliran dalam saluran, m/dt

Kehilangan keluar: $\Delta H_{keluar} = \xi_{keluar} \frac{(v_a - v)^2}{2g}$ 5-9

Gambar 5-2. memberikan harga-harga untuk ξ_{masuk} dan ξ_{keluar} untuk berbagai bentuk geometri peralihan.

5.4.7 Standar Ukuran dan Penulangan Gorong-Gorong Segi Empat

5.4.7.1 Analisis Pembebanan

Perhitungan struktur didasarkan pada asumsi tanah lunak yang umumnya disebut *highly compressible*, dengan mengambil hasil pembebanan terbesar/maksimum dari kombinasi pembebanan sebagai berikut:

1) berat sendiri gorong-gorong persegi beton bertulang
2) beban roda atau muatan rencana untuk *middle tire* sebesar 5 ton
3) tekanan tanah aktif
4) beban kendaraan diatas konstruksi gorong-gorong persegi ini diperhitungkan setara dengan muatan tanah setinggi 100 cm
5) tekanan air dari luar
6) tekanan hidrostatik (qa)
7) asumsi kedalaman lapisan penutup tanah adalah sebesar 1,0 m

5.4.7.2 Desain Parameter

Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan struktur gorong-gorong ini disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 5-4. Parameter Desain Gorong-Gorong Persegi Empat (*Box Culvert*)

Parameter		Nilai
Berat Jenis	Beton	γ_c = 2,40 t/m^3
	Tanah (kering)	γ_d = 1,70 t/m^3
	Tanah (jenuh)	γ_s = 2,00 t/m^3
	Kelas Jalan	Kelas III (BM 50)
Pembebanan	Beban Roda Tengah	P = 5 t
	Koefisien kejut (*impact coefficient*)	Ii = 0,3 (D < 4,0 m)
	(kelas jalan I - IV)	0 (D > 4,0 m)
	Beban pejalan kaki	
	Tegangan beton	q_p= 0 t/m^2
	Tegangan tekan ijin beton	σ_{ck} = 225 kgf/m^2
	Tegangan geser ijin beton	σ_{ca} = 75 kgf/m^2
Beton (K 225)	Tegangan tarik ijin baja tulangan	τ_a = 6,5 kgf/m^2
	Tegangan leleh baja	σ_{sa} = 1.400 kgf/m^2
Penulangan (U24, *deformed*)		σ_{sy} = 3.000 kgf/m^2
Angka ekivalensi		n = 21
Koefisien tekanan tanah statis		Ka = 0,5

5.4.7.3 Penulangan

Penulangan gorong-gorong beton bertulang ini dirancang sedemikian rupa sehingga diameter tulangan yang digunakan 16 mm dan 12 mm, bentuk/ukuran segmen penulangan sederhana, praktis dan dapat dipakai pada beberapa segmen gorong-gorong serta beratnya pun diperhitungkan sedemikian rupa sehingga mudah dirakit/dipasang dan diikat pembengkokan dan penempatan tulangan direncanakan sedemikian rupa sehingga tidak membahayakan pemakai jalan bila penutup beton pecah karena benturan keras atau aus (ujung tulangan tidak akan menonjol ke permukaan lantai kendaraan)

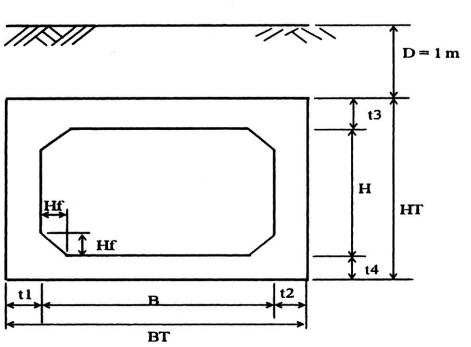
5.4.7.4 Dasar-Dasar Pelaksanaan

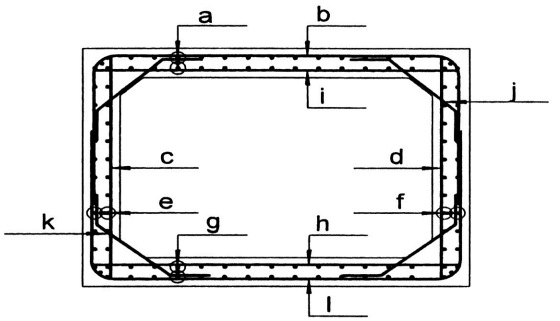
Konstruksi gorong-gorong persegi beton bertulang ini dirancang dengan cara pengecoran di tempat, menggunakan perancah sementara dan bekisting yang harus dibongkar segera setelah kekuatan beton tercapai yaitu umur beton kurang lebih 28 hari.

Panjang gorong-gorong persegi, merupakan lebar jalan ditambah dua kali lebar bahu jalan dan dua kali tebal dinding sayap.

Konstruksi gorong-gorong persegi beton bertulang ini direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan jalan, sehingga pada prinsipnya panjang gorong-gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan berat besi tulangan diambil terbatas dengan lebar perkerasan jalan yang umum yaitu 3,5m; 4,5m; 6m dan7m.

Tabel 5-5. Standar Penulangan untuk Gorong-Gorong Segi Empat Tipe *Single*

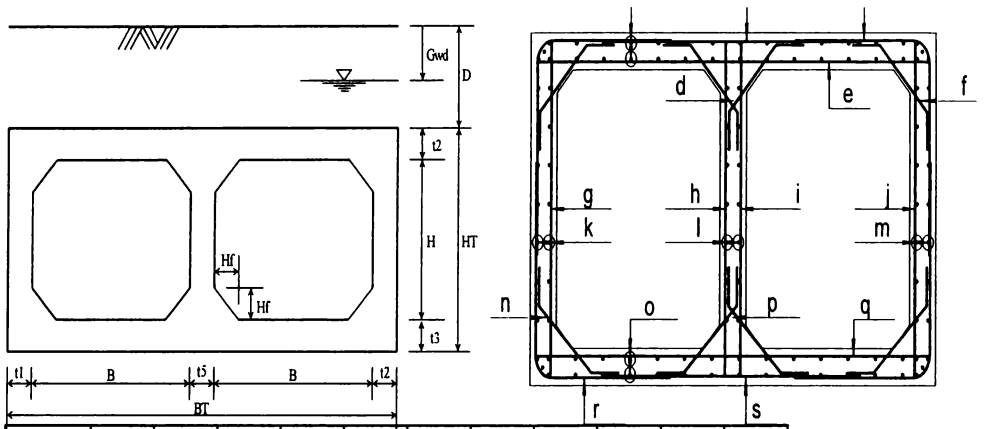




Dimensi Debit (m^3/dt)	b = B (m)	BT (m)	H (h + w) (m)	HT (m)	t1 (m)	t2 (m)	t3 (m)	t4 (m)	Hf (m)
0.09 - 0.50	1.0	1.4	1.0	1.40	0.20	0.20	0.20	0.20	0.15
0.50 - 1.00	1.5	1.8	1.4	1.79	0.20	0.20	0.20	0.20	0.15
1.00 - 1.50	2.0	2.5	1.5	1.97	0.24	0.24	0.24	0.24	0.15
1.50 - 2.00	2.5	3.1	1.7	2.21	0.28	0.28	0.28	0.28	0.20

Dimensi Debit (m3/dt)	Tulangan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
0.09 - 0.50	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250
0.50 - 1.00	12@250	12@250	10@250	10@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250
1.00 - 1.50	12@250	12@150	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@150	12@150	12@250	12@250	12@250
1.50 - 2.00	12@250	12@150	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@125	12@125	12@250	12@250	12@150

Tabel 5-6. Standar Penulangan untuk Gorong-Gorong Segi Empat Tipe *Double*



Dimensi Debit (m^3/dt)	b_{cal} (m)	B (m)	BT (m)	H (h + w) (m)	HT (m)	t1 (m)	t2 (m)	t3 (m)	t4 (m)	t5 (m)	Hf (m)
2.00 - 3.00	3.0	1.5	3.5	1.8	2.3	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.2
3.00 - 4.00	4.8	2.5	5.3	2.2	2.7	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.2
4.00 - 5.00	5.2	2.7	5.8	2.4	3.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
5.00 - 6.00	5.9	3.0	6.5	2.5	3.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2

Dimensi Debit (m^3/dt)	Tulangan																		
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s
2.00 - 3.00	12@250	12@150	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	10@250	12@250	12@250	12@250	12@150	12@150
3.00 - 4.00	12@250	16@125	16@250	12@250	16@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	16@250	16@150	16@150
4.00 - 5.00	12@250	19@150	16@150	12@250	16@150	12@250	16@150	12@250	12@250	16@150	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	16@150	16@150	19@150
5.00 - 6.00	12@250	19@125	16@150	12@250	16@150	12@250	16@125	12@250	12@250	16@125	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	16@150	16@125	19@125

5.5 Sipon

5.5.1 Umum

Sipon (Gambar 5-9.) adalah bangunan yang membawa air melewati bawah saluran lain (biasanya pembuang) atau jalan. Pada sipon air mengalir karena tekanan.

Perencanaan hidrolis sipon harus mempertimbangkan kecepatan aliran, kehilangan pada peralihan masuk, kehilangan akibat gesekan, kehilangan pada bagian siku sipon serta kehilangan pada peralihan keluar.

Diameter minimum sipon adalah 0,60 m untuk memungkinkan pembersihan dan inspeksi.

Karena sipon hanya memiliki sedikit fleksibilitas dalam mengangkut lebih banyak air daripada yang direncana, bangunan ini tidak akan dipakai dalam pembuang. Walaupun debit tidak diatur, ada kemungkinan bahwa pembuang mengangkut lebih banyak benda-benda hanyut.

Agar pipa sipon tidak tersumbat dan tidak ada orang atau binatang yang masuk secara kebetulan, maka mulut pipa ditutup dengan kisi-kisi penyaring (*trashrack*).

Biasanya pipa sipon dikombinasi dengan pelimpah tepat di sebelah hulu agar air tidak meluap diatas tanggul saluran hulu.

Di saluran-saluran yang lebih besar, sipon dibuat dengan pipa rangkap (*double barrels*) guna menghindari kehilangan yang lebih besar di dalam sipon jika bangunan itu tidak mengalirkan air pada debit rencana. Pipa rangkap juga menguntungkan dari segi pemeliharaan dan mengurangi biaya pelaksanaan bangunan.

Sipon yang panjangnya lebih dari 100 m harus dipasang dengan lubang periksa (*manhole*) dan pintu pembuang, jika situasi memungkinkan, khususnya untuk jembatan sipon (lihat subbab 5.5.7).

Pemasangan sipon (yang panjangnya lebih dari 100 m) memerlukan seorang ahli mekanik dan hidrolik.

5.5.2 Kecepatan Aliran

Untuk mencegah sedimentasi kecepatan aliran dalam sipon harus tinggi. Tetapi, kecepatan yang tinggi menyebabkan bertambahnya kehilangan tinggi energi. Oleh sebab itu keseimbangan antara kecepatan yang tinggi dan kehilangan tinggi energi yang diizinkan harus tetap dijaga. Kecepatan aliran dalam sipon harus dua kali lebih tinggi dari kecepatan normal aliran dalam saluran, dan tidak boleh kurang dari 1 m/dt, lebih disukai lagi kalau tidak kurang dari 1,5 m/dt Kecepatan maksimum sebaiknya tidak melebihi 3m/dt.

5.5.3 Perapat Pada Lubang Masuk Pipa

Bagian atas lubang pipa berada sedikit dibawah permukaan air normal ini akan mengurangi kemungkinan berkurangnya kapasitas sipon akibat masuknya udara ke dalam sipon. Kedalaman tenggelamnya bagian atas lubang sipon disebut air perapat (*water seal*).

Tinggi air perapat bergantung kepada kemiringan dan ukuran sipon, pada umumnya:

$1{,}1\ \Delta h_v <$ air perapat $< 1{,}5\ \Delta h_v$ (sekitar 0,45m, minimum 0,15m) dimana:

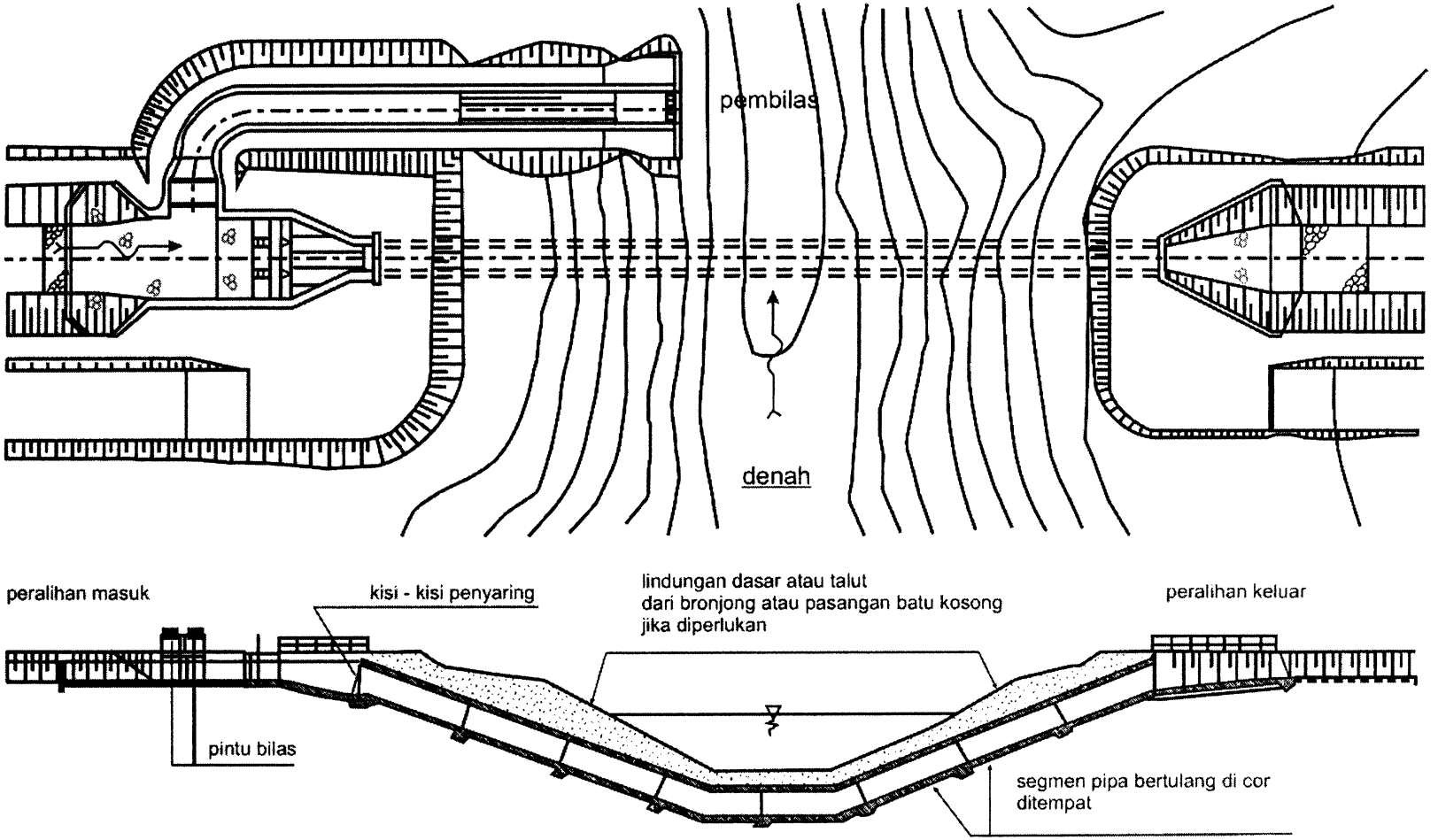
Δh_v = beda tinggi kecepatan pada pemasukan.

5.5.4 Kehilangan Tinggi Energi

Kehilangan tinggi energi pada sipon terdiri dari:

1) kehilangan masuk
2) kehilangan akibat gesekan
3) kehilangan pada siku
4) kehilangan keluar

Kehilangan-kehilangan ini dapat dihitung dengan kriteria yang diberikan dalam subbab 5.2.



Gambar 5-9. Contoh Sipon

5.5.5 Kisi-Kisi Penyaring

Kisi-kisi penyaring (lihat Gambar 5-10.) harus dipasang pada bukaan/lubang masuk bangunan dimana benda-benda yang menyumbat menimbulkan akibat-akibat yang serius, misalnya pada sipon dan gorong-gorong yang panjang.

Kisi-kisi penyaring dibuat dari jeruji-jeruji baja dan mencakup seluruh bukaan. Jeruji tegak dipilih agar bisa dibersihkan dengan penggaruk (*rake*).

Kehilangan tinggi energi pada kisi-kisi penyaring dihitung dengan:

$$h_f = c\frac{v^2}{2g} \quad \text{.....5-10}$$

$$c = \beta\left[\frac{s}{b}\right]^{4/3} \sin\delta \quad \text{.....5-11}$$

dimana :

h_f = kehilangan tinggi energi, m

v = kecepatan melalui kisi-kisi, m/dt

g = percepatan gravitasi, m/dt² (≈ 9,8 m/dt²)

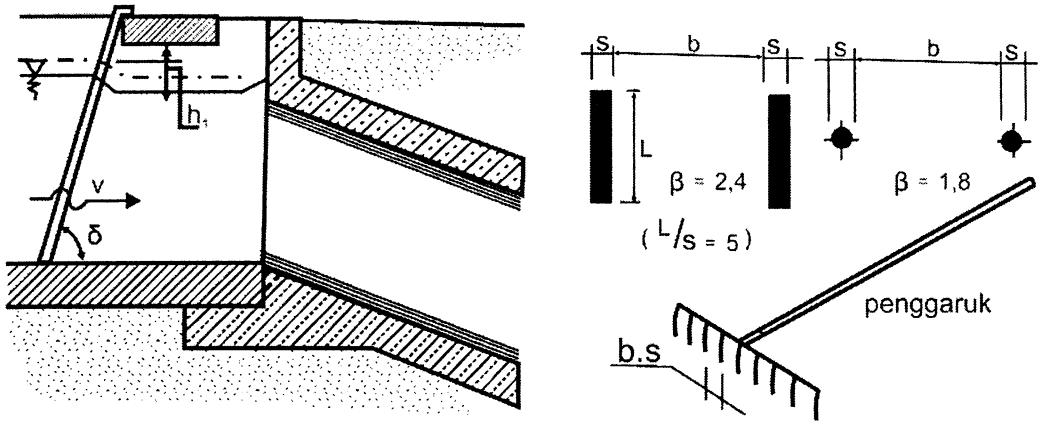
c = koefisien

β = fakor bentuk (2,4 untuk segi empat, dan 1,8 untuk jeruji bulat)

s = tebal jeruji, m

b = jarak bersih antar jeruji, m

δ = sudut kemiringan dari bidang horizontal



Gambar 5-10. Kisi-Kisi Penyaring

5.5.6 Pelimpah

Biasanya sipon dikombinasi dengan pelimpah tepat di hulu bangunan itu (lihat Gambar 5-9.). Dalam kondisi penempatan bangunan pengeluaran sedimen direncanakan pada ruas ini, serta ketersediaan lahan/ruang mencukupi, maka disarankan dilakukan penggabungan bangunan pelimpah dengan bangunan pengeluar sedimen (*sediment excluder*). Pelimpah samping adalah tipe paling murah dan sangat cocok untuk pengaman terhadap kondisi kelebihan air akibat bertambahnya air dari luar saluran. Debit rencana pelimpah sebaiknya diambil 60% atau 120% dari $Q_{rencana}$ (lihat Bab VII).

Penggabungan peluap dan bangunan pengeluar sedimen (*sediment excluder*) dalam satu kompleks perlu mempertimbangkan debit dan keleluasaan ruang yang ada.

5.5.7 Sipon Jembatan

Kadang-kadang akan sangat menguntungkan untuk membuat apa yang disebut jembatan-sipon. Bangunan ini membentang diatas lembah yang lebar dan dalam. Mungkin juga (dan ekonomi) untuk membuat "talang bertekanan".

5.6 Talang dan Flum

Talang (Gambar 5-11.) adalah saluran buatan yang dibuat dari pasangan beton bertulang, kayu atau baja maupun beton *ferrocement*, didalamnya air mengalir dengan permukaan bebas, dibuat melintas lembah dengan panjang tertentu (umumnya dibawah 100 m), saluran pembuang, sungai, jalan atau rel kereta api,dan sebagainya. Dan saluran talang minimum ditopang oleh 2 (dua) pilar atau lebih dari konstruksi pasangan batu untuk tinggi kurang 3 meter (beton bertulang pertimbangan biaya) dan konstruksi pilar dengan beton bertulang untuk tinggi lebih 3 meter.

Sedangkan flum (Gambar 5-12.) adalah saluran-saluran buatan yang dibuat dari pasangan, beton baik yang bertulang maupun tidak bertulang, baja atau kayu maupun beton *ferrocement*. Didalamnya air mengalir dengan permukaan bebas, dibuat melintas lembah yang cukup panjang > 60 meter atau disepanjang lereng bukit dan sebagainya. Dan dasar saluran *flum* tersebut terletak diatas muka tanah bervarasi tinggi dari 0 meter dan maksimum 3 meter. Untuk menopang perbedaan tinggi antara muka tanah dan dasar saluran flum dapat dilaksanakan dengan tanah timbunan atau pilar pasangan batu atau beton bertulang.

5.6.1 Talang

5.6.1.1 Potongan Melintang

Potongan melintang bangunan tersebut ditentukan oleh nilai banding b/h, dimana b adalah lebar bangunan dan h adalah kedalaman air. Nilai-nilai banding berkisar antara 1 sampai 3 yang menghasilkan potongan melintang hidrolis yang lebih ekonomis.

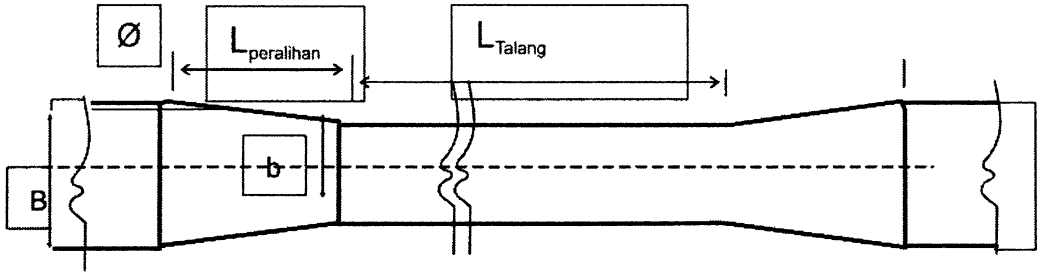
5.6.1.2 Kemiringan dan Kecepatan

Kecepatan di dalam bangunan lebih tinggi daripada kecepatan dipotongan saluran biasa. Tetapi, kemiringan dan kecepatan dipilih sedemikian rupa sehingga tidak akan terjadi kecepatan superkritis atau mendekati kritis, karena aliran cenderung sangat

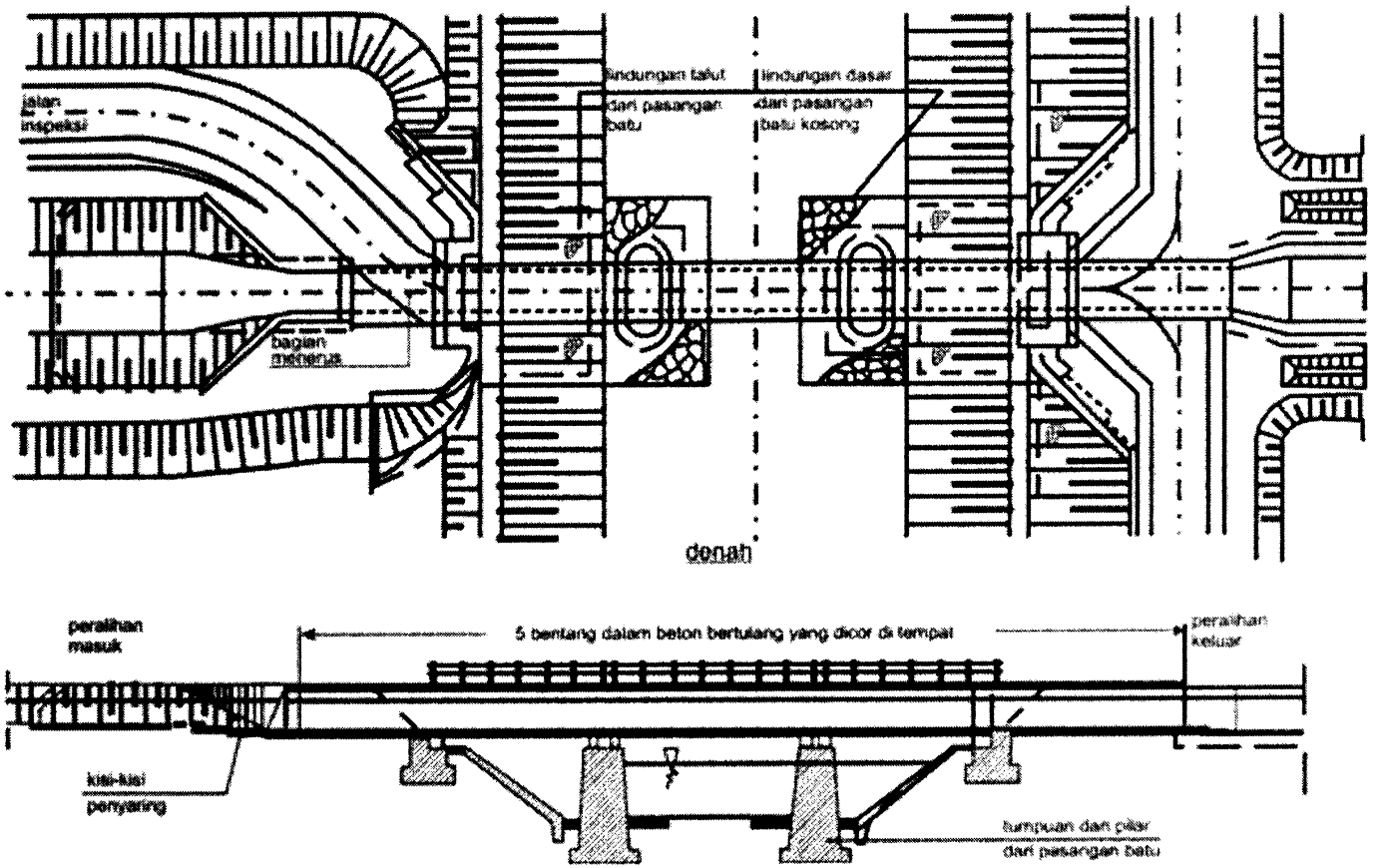
tidak stabil. Untuk nilai banding potongan melintang pada subbab 5.6.1, ini memberikan kemiringan maksimum I = 0,002.

5.6.1.3 Peralihan

Peralihan masuk dan keluar dapat diperkirakan dengan Gambar 5-1. dan menghitung kehilangan tinggi energi dengan persamaan 5-3 dan 5-4.Untuk menentukan panjang peralihan di hulu maupun dihilir dihitung dengan persamaan 5-12.



Gambar 5-11. Sketsa Pandangan Atas Bagian-Bagian Talang



Gambar 5-12. Contoh Talang

5.6.1.4 Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan untuk air yang mengalir dalam talang atau *flum* didasarkan pada debit, kecepatan dan faktor-faktor lain. Harga-harga tinggi jagaan dapat diambil dari KP - 03 Saluran, subbab 4.3.6 Saluran Pasangan.

Untuk talang yang melintas sungai atau pembuang, harus dipakai harga-harga ruang bebas berikut

- pembuang *intern* Q_5+ 0,50 m
- pembuang *ekstern* Q_{25}+ 1,00 m
- sungai: Q_{25} + ruang bebas bergantung kepada keputusan perencana, tapi tidak kurang dari 1,50 m. Perencana akan mendasarkan pilihannya pada karakteristik sungai yang akan dilintasi, seperti kemiringan, benda-benda hanyut, agradasi atau degradasi.

5.6.1.5 Bahan

Pipa-pipa baja sering digunakan untuk talang kecil karena mudah dipasang dan sangat kuat. Untuk debit kecil, pipa-pipa ini lebih ekonomis daripada tipe-tipe bangunan atau bahan lainnya. Tetapi baja memiliki satu ciri khas yang harus mendapat perhatian khusus baja mengembang (ekspansi) jika kena panas. Ekspansi baja lebih besar dari bahan-bahan lainnya.

Oleh sebab itu harus dibuat sambungan ekspansi. Sambungan ekspansi hanya dapat dibuat di satu sisi saja atau di tengah pipa, bergantung kepada bentang dan jumlah titik dukung (*bearing point*).

Pipa-pipa terpendam tidak begitu memerlukan sarana-sarana semacam ini karena variasi temperatur lebih kecil dibanding untuk pipa-pipa di udara terbuka.

Flum dibuat dari kayu, baja atau beton. Untuk menyeberangkan air lewat saluran pembuang atau irigasi yang lain, petani sering menggunakan *flum* kayu. Flum baja

atau beton dipakai sebagai talang. Untuk debit-debit yang besar, lebih disukai *flum* beton. Kedua tipe bangunan tersebut dapat berfungsi ganda jika dipakai sebagai jembatan orang (baja) atau kendaraan (beton). *Flum* merupakan saluran tertutup jika dipakai sebagai jembatan jalan.

5.6.1.6 Standar Ukuran dan Penulangan Talang

a).Analisis Pembebanan

Pembebanan talang (*aquaduct*) irigasi selain beban air irigasi diperhitungkan juga beban lalu lalang sesuai fungsi jembatan sebagai jembatan inspeksi.

Pembebanan akibat berat air sesuai volume air yang melalui talang yaitu debit x panjang bentang talang.

Sedang pembebanan jembatan telah diuraikan dalam KP-06 Parameter Bangunan. Bangunan talang dilengkapi jembatan terdiri dari dua bagian yaitu:

(i) Bangunan atas

(ii) Bangunan bawah

(i) Bangunan Atas

Untuk talang yang box bagian atasnya seyogyanya dilengkapi dengan jembatan baik sebagai jalan inspeksi yang digunakan atau direncanakan untuk memeriksa dan memelihara jaringan irigasi atau sekaligus berfungsi sebagai jalan utama yang dipakai oleh kendaraan komersial di pedesaan.

- Kapasitas Talang (*Aquaduct*)

Kapasitas box talang dalam mengalirkan debit saluran irigasi dan kemiringan dasar talang dirinci dalam Tabel 5-7.

Tabel 5-7. Perhitungan Dimensi Dan Hidrolik Talang

Klasifikasi Beban	B x H	d	A	P	R	I = 0.004		I = 0.00333		I = 0.00286		I = 0.00250		I = 0.002	
						V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q
Kelas V	0.5 x 0.5	0.35	0.18	1.20	0.15	1.23	0.22	1.12	0.20	1.04	0.18	0.97	0.17	0.87	0.15
		0.30	0.15	1.40	0.11	1.17	0.18	1.07	0.16	0.99	0.15	0.93	0.14	0.83	0.12
	0.6 x 0.6	0.45	0.27	1.50	0.18	1.41	0.38	1.29	0.35	1.19	0.32	1.12	0.30	1.00	0.27
		0.40	0.24	1.40	0.17	1.37	0.33	1.25	0.30	1.15	0.28	1.08	0.26	0.97	0.23
		0.35	0.21	1.30	0.16	1.31	0.28	1.20	0.25	1.11	0.23	1.04	0.22	0.09	0.02
	0.8 x 0.8	0.60	0.48	2.00	0.24	1.71	0.82	1.56	0.75	1.44	0.69	1.35	0.65	1.21	0.58
		0.55	0.44	1.10	0.40	2.40	1.06	2.19	0.96	2.03	0.89	1.90	0.84	1.70	0.75
		0.50	0.40	1.00	0.40	2.40	0.96	2.19	0.88	2.03	0.81	1.90	0.76	1.70	0.68
	1 x 1	0.80	0.80	2.60	0.31	2.02	1.62	1.84	1.47	1.70	1.36	1.59	1.27	1.43	1.14
		0.75	0.75	2.50	0.30	1.98	1.49	1.81	1.36	1.68	1.26	1.57	1.18	1.40	1.05
		0.70	0.70	2.40	0.29	1.95	1.37	1.78	1.25	1.64	1.15	1.54	1.08	1.38	0.97
Kelas IV	1.5 x 1.5	1.30	1.95	4.10	0.48	2.70	5.27	2.46	4.80	2.28	4.45	2.13	4.15	1.91	3.72
		1.25	1.88	4.00	0.47	2.67	5.01	2.44	4.58	2.26	4.24	2.11	3.96	1.89	3.54
		1.20	1.80	3.90	0.46	2.64	4.75	2.41	4.34	2.23	4.01	2.09	3.76	1.87	3.37
	2.0 x 2.0	1.80	3.60	5.60	0.64	3.30	11.87	3.01	10.84	2.79	10.03	2.61	9.39	2.33	8.39
		1.75	3.50	5.50	0.64	3.28	11.46	2.99	10.47	2.77	9.69	2.59	9.06	2.32	8.11
		1.70	3.40	5.40	0.63	3.25	11.06	2.97	10.09	2.75	9.34	2.57	8.74	2.30	7.82
		1.65	3.30	5.30	0.62	3.23	10.65	2.95	9.72	2.73	9.00	2.55	8.42	2.28	7.53
Kelas III	2.5 x 2.5	2.25	5.63	7.00	0.80	3.83	21.54	3.49	19.67	3.23	18.21	3.03	17.03	2.71	15.23
		2.20	5.50	6.90	0.80	3.81	20.93	3.47	19.11	3.22	17.69	3.01	16.55	2.69	14.80
		2.10	5.25	6.70	0.78	3.76	19.76	3.44	18.03	3.18	16.70	2.98	15.62	2.66	13.97
		2.00	5.00	6.50	0.77	3.72	18.58	3.39	16.97	3.14	15.71	2.94	14.69	2.63	13.14
	3 x 3	2.80	8.40	8.60	0.98	4.36	36.62	3.98	33.43	3.68	30.91	3.45	28.98	3.08	25.87
		2.75	8.25	8.50	0.97	4.34	35.81	3.96	32.67	3.67	30.28	3.43	28.30	3.07	25.33
		2.70	8.10	8.40	0.96	4.32	34.99	3.94	31.91	3.65	29.57	3.42	27.70	3.06	24.79
	3.5 x 2	1.80	6.30	7.10	0.89	4.09	25.75	3.73	23.51	3.46	21.77	3.23	20.36	2.89	18.21
		1.75	6.13	7.00	0.88	4.05	24.81	3.70	22.66	3.42	20.98	3.20	19.63	2.86	17.56
		1.70	5.95	6.90	0.86	4.01	23.86	3.66	21.78	3.39	20.17	3.17	18.87	2.84	16.90
		1.65	5.78	6.80	0.85	3.97	22.93	3.62	20.95	3.36	19.39	3.14	18.14	2.81	16.24
	4 x 2.5	2.25	9.00	8.50	1.06	4.60	41.39	4.20	37.79	3.89	34.98	3.64	32.72	3.25	29.27
		2.20	8.80	8.40	1.05	4.57	40.19	4.17	36.69	3.86	33.97	3.61	31.77	3.23	28.42
		2.10	8.40	8.20	1.02	4.50	37.79	4.11	34.50	3.80	31.94	3.56	29.88	3.18	26.72
		2.00	8.00	8.00	1.00	4.43	35.42	4.04	32.33	3.74	29.94	3.50	28.00	3.13	25.04

- Klasifikasi

Semua jembatan diatas box talang digolongkan sebagai jalan kelas III atau lebih rendah menurut standar Bina Marga sesuai RSNI. T02- 2005 dan merupakan jembatan satu jalur.

Untuk jembatan diatas box talang dimanfaatkan juga untuk keperluan jalan inspeksi. Jalan inspeksi tersebut direncanakan dengan mengikuti standar Bina Marga.

Lebar jembatan diatas talang untuk jalan-jalan kelas III, IV dan V disajikan dalam Tabel berikut.

Tabel 5-8. Lebar Standar Jembatan Diatas Talang

Klasifikasi Jalan	Lebar Jembatan Diatas Talang
Kelas III	3,0 m
Kelas IV	3,0 m
Kelas V	1,5 m

- Pembebanan Jembatan Diatas Talang

Pembebanan jembatan diatas talang disesuaikan pembebanan jembatan diatas talang disesuaikan pembebanan jembatan dalam bagian KP-06 Perameter Bangunan.

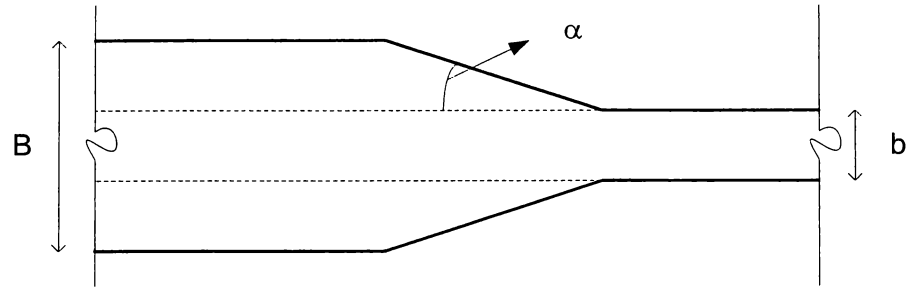
- Panjang Talang dan Panjang Transisi

1. Panjang Talang

   Panjang talang atau panjang box talang satu ruas untuk membuat standarisasi penulangan beton maka dibuat konstruksi maksimum 10 m dan minimum 3 m.

2. Panjang Peralihan (L_1)

   Panjangperalihan adalah panjang transisi antara saluran dengan box talang. Panjang saluran transisi ditentukan oleh sudut antara $12^{\circ}30' - 25^{\circ}$ garis as.



Gambar 5-13. Perubahan Potongan Melintang Saluran dan Talang

Panjang peralihan atau transisi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$L_1 = \frac{B-6}{2}\cos\alpha \quad \text{.....5-12}$$

dimana:

B =lebar permukaan air di saluran (m)

b =lebar permukaan air di bagian talang (m)

L =panjang peralihan atau transisi antara talang dengan saluran (m)

α =sudut antara garis as talang dengan garis pertemuan permukaan air (°)

- Kehilangan Tinggi Muka Air di Talang

Total kehilangan tinggi muka air di talang (Δh) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\Delta h = h_1 + h_2 + h_3 \quad \text{.....5-13}$$

dimana:

h_1 = kehilangan tinggi muka air di bagian masuk (m)

h_2 = kehilangan tinggi muka air di sepanjang talang (m)

= L_2 x S_2

h_3 = kehilangan tinggi muka air di bagian keluar (m)

S_2 = kemiringan memanjang talang

$$h_1 = f_0 . (hv_2 - hv_1) \quad \text{.....5-14}$$

dimana:

f_o = koefisien kehilangan tinggi muka air dibagian masuk

$hv_2 = L_1 . (S_1 - S_2)$

dimana:

S_1 = kemiringan memanjang saluran di hulu

S_2 = kemiringan dasar talang

$$hv_1 = \frac{v_1^2}{2g} \quad \text{.....5-15}$$

v_1 = kecepatan aliran di saluran bagian hulu

g = kecepatan gravitasi ($\approx 9{,}8$ m/dt^2)

Kehilangan tinggi muka air di sepanjang talang:

$$h_2 = L_{talang} \times S_2 \quad \text{.....5-16}$$

Kehilangan tinggi muka air dibagian keluar:

$$h_3 = f_1 . (hv_2 - hv_3) \quad \text{.....5-17}$$

$$hv_2 = L_3 \times \frac{(S_2 + S_3)}{2} \quad \text{.....5-18}$$

Dimana:

S_3 = kemiringan dasar saluran dibagian hilir

$$hv_3 = \frac{v_1^2}{2g}$$

f_0/f_1 = koefisien tinggi energi untukperalihan dari bentuk trapesium ke bentuk segi empat dengan permukaan bebas.

- Desain Parameter

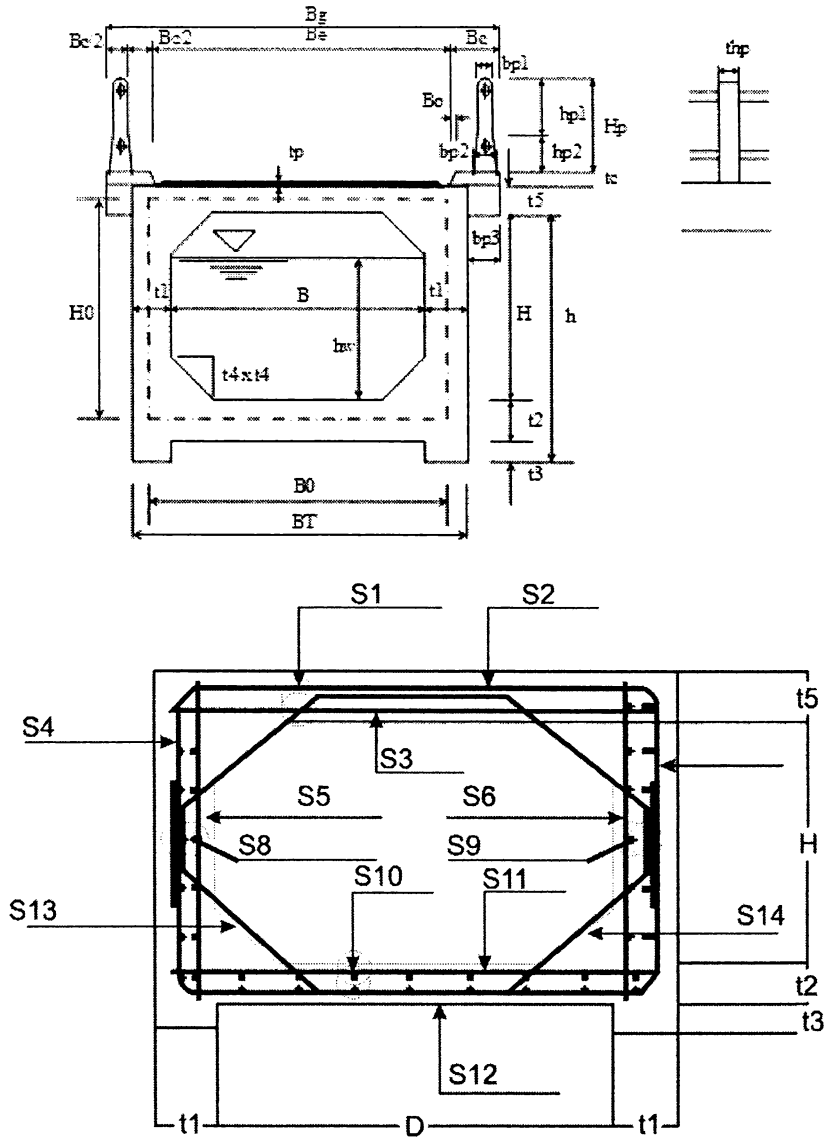
Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan struktur ini adalah:

Parameter		Nilai
Berat Jenis	Air	$\gamma w = 1$ tf/m^3
	Beton Bertulang	$\gamma c = 2{,}4$ tf/m^3
	Aspal	$\gamma ws = 2{,}3$ tf/m^3
Kelas Jembatan	Klasifikasi Beban Kendaraan	*Class* = 3 (3,5)
Beban Guna	Beban Garis P0	P0 = 6 tf/m
	Beban Garis P	P = 2,2 tf/m
	Beban Merata Ld *Distribution Load*	Ld = 0,4 tf/m
	Beban Roda Pt	Pt = 5 t
	Koef. Kejut im = 1 + 20/ (50 + Ln)	im = 1,36
	Perataan Beban (500 kg/m^2)	Ldc = 0 tf/m^2
Beton	Tegangan Karakteristik (sck) (K225)	sck = 225 kgf/cm^2
	Tegangan Ijin Tekan (sca)	sca = 75 kgf/cm^2
	Tegangan Ijin Geser (tm)	tm = 6,5 kgf/cm^2
Penulangan	Tegangan Tarik Ijin Baja (ssa) (U32, ulir)	ssa = 1.400 kgf/cm^2
	Tegangan Leleh Baja Tulangan	ssy = 3.000 kgf/cm^2
Young's Modulus Ratio		n = 21

- Penulangan

Penulangan talang beton bertulang ini dirancang sedemikian rupa sehingga:

1. diameter tulangan yang digunakan 22mm, 19mm, 16mm dan 12mm.
2. bentuk/ukuran segmen penulangan sederhana dan praktis.
3. pembengkokan dan penempatan tulangan direncanakan sedemikian rupa sehingga bila penutup beton pecah karena benturan keras atau aus ujung tulangan tidak akan menonjol ke permukaan lantai.



Gambar 5-14. Potongan Melintang Talang Kontruksi
Beton Bertulang Atasnya Sebagai Jembatan

Konstruksi talang, dapat direncanakan dengan dimensi seperti terlihat pada matriks berikut ini.

Tabel 5-9. Matriks Dimensi dan Standar Penulangan Talang

Data	Notasi		Dimensi Talang				
			B x H = 1,50 x 1,50 m	B x H = 2,0 x 2,0 m	B x H = 2,50 x 2,50 m	B x H = 3,00 x 3,00 m	B x H = 3,50 x 3,50 m
Dimensi Talang :	t1	m	0.20	0.20	0.20	0.30	0.30
	H	m	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
	B	m	1.50	2.00	2.50	3.00	2.00
	t2	m	0.20	0.20	0.20	0.25	0.20
	t3	m	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	t4	m	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
	t5	m	0.20	0.22	0.25	0.25	0.20
	BT	m	1.90	2.40	2.90	3.60	2.60
	h	m	1.80	2.30	2.80	3.35	3.80
	hw	m	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
Jalan untuk kendaraan :	Be	m	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Bg	m	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
	tp	m	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Panjang Bentang :	Ln	m	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Tulangan :	S1		ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250
	S2		ϕ 13 @ 100	ϕ 16 @ 150	ϕ 16 @ 150	ϕ 19 @ 150	ϕ 19 @ 150
	S3		ϕ 12 @ 150	ϕ 12 @ 125	ϕ 12 @ 125	ϕ 13 @ 125	ϕ 13 @ 125
	S4		ϕ 12 @ 150	ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 150	ϕ 16 @ 250	ϕ 16 @ 250
	S5		ϕ 13 @ 250	ϕ 13 @ 250	ϕ 13 @ 150	ϕ 16 @ 250	ϕ 16 @ 250
	S6		ϕ 13 @ 250	ϕ 13 @ 250	ϕ 13 @ 150	ϕ 16 @ 250	ϕ 16 @ 250
	S7		ϕ 12 @ 150	ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 150	ϕ 16 @ 250	ϕ 16 @ 250
	S8		ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250
	S9		ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250
	S10		ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250
	S11		ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 150	ϕ 12 @ 150	ϕ 16 @ 150	ϕ 16 @ 150
	S12		ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 150	ϕ 12 @ 125	ϕ 12 @ 125
	S13		ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 150	ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250
	S14		ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 250	ϕ 12 @ 150	ϕ 13 @ 250	ϕ 13 @ 250

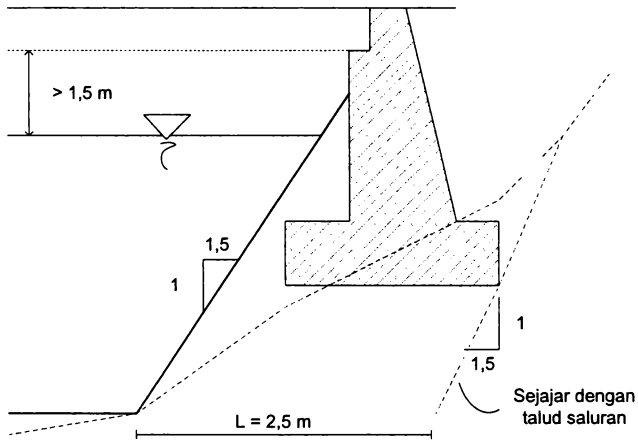
(ii) Bangunan Bawah

Lantai talang terletak diatas tumpuan (*abutment*) di kedua sisi saluran. Tumpuan ini meneruskan berat beban ke pondasi. Untuk talang dengan jembatan yang bentangnya besar diperlukan satu atau lebih pilar di sungai atau saluran pembuang alam guna mendukung bangunan atas agar mengurangi beban yang ditumpu.

Biasanya pondasi berupa "telapak sebar" (*spread footing*). Bila beban tanah dibawah pondasi tidak cukup kuat, maka dipakai tiang pancang. Tiang pancang ini dapat dibuat dari beton, baja atau kayu.

Kedalaman pondasi

Kedalaman pondasi tumpu harus berada dibawah garis kemiringan 1 sampai 4 dari dasar sungai atau saluran pembuang seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5-15. Kedalaman Pondasi untuk Tumpuan Talang dan Jembatan Irigasi

Atau dibawah garis paralel dengan kemiringan samping pada jarak 1,5 m untuk tebing sungai bertalud pasangan dan 2,5 m untuk talud tanah.

Tiang pancang talang/jembatan disungai atau saluran alam sekurang-kurangnya 1,0 m dibawah elevasi dasar.

Untuk pasangan pondasi disekitar tiang pancang diusahakan diberi perlindungan terhadap gerusan erosi akibat arus sungai.

b). Tinggi Jagaan dan Debit Rencana

- Tinggi Jagaan

  Tinggi jagaan atau ruang bebas talang yang dimanfaatkan sebagai jembatan yang melintasi sungai atau saluran pembuang alam harus lebih 1,50 m dari muka air pada debit rencana.

- Debit Rencana

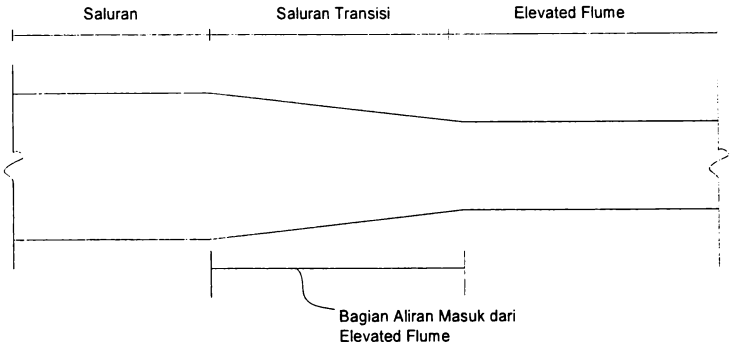
  Debit rencana sungai yang sering digunakan pada adalah debit dengan periode ulang 20 tahun atau Q_{20}.

5.6.2 Bangunan *Elevated Flume*

Elevated flume merupakan saluran air melalui celah sempit yang ditinggikan dari permukaan tanah. Kemiringan memanjang saluran *flume* dibuat curam daripada saluran dihulu atau dibagian hilirnya.

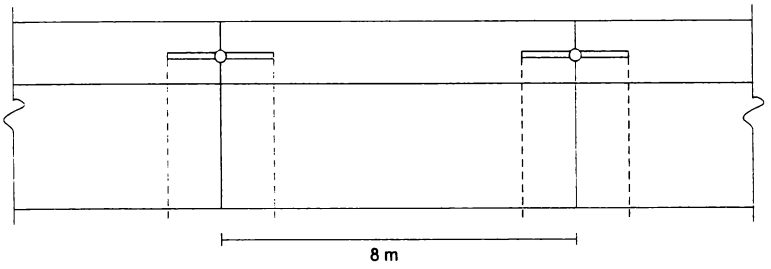
Kecepatan maksimum yang diijinkan 4 m/det, kecepatan normal 0,7 m/dt sampai 3 m/dt. Bila tingginya cukup maka kemiringan saluran *flume* dapat dibuat lebih besar daripada 1/250 atau 1/400 (0,00285 atau 0,00250).

Secara umum aliran *dielevated flume* ini dihitung sebagai aliran merata dihilir dan hulu saluran. Standar panjang saluran transisi sebagai berikut:



Gambar 5-16. Standar Saluran Transisi untuk Saluran dan *Flume*

Konstruksi *flume* umumnya menggunakan beton dengan potongan melintang segi empat dan secara normal setiap 8 m diberi *waterstop* seperti gambar dibawah ini.



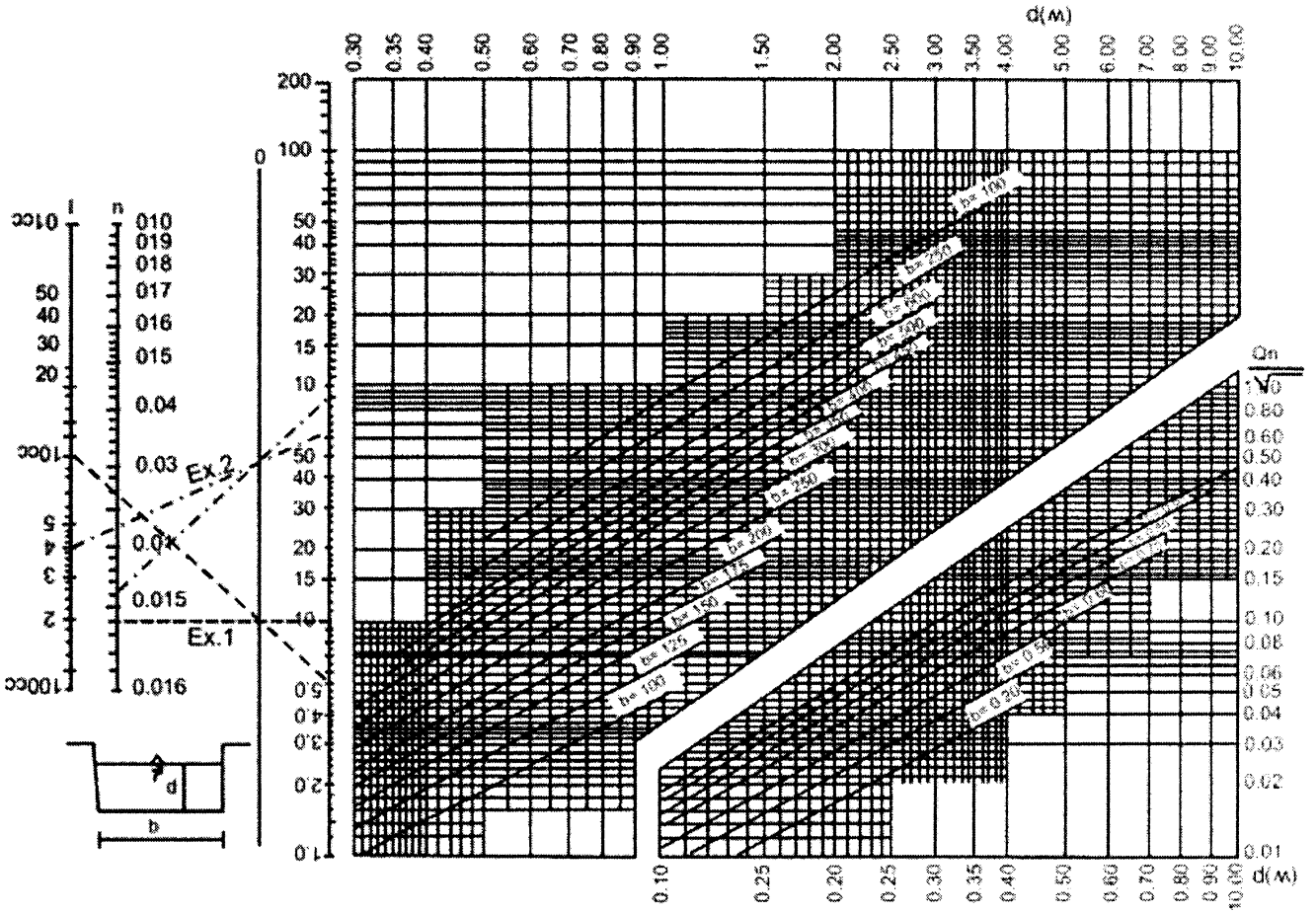
Gambar 5-17. Saluran Tiap 6 m Atau 8 m Diberi *Water Stop*

5.6.2.1 Penentuan Dimensi

Penentuan dimensi potongan *flume* segi empat dapat dilakukan dengan 2 (dua) cara yaitu:

- Menggunakan Grafik

  Konstruksi *flume* biasanya menggunakan beton, dimensinya diketahui melalui grafik yang tertera pada Gambar 5-18. dibawah ini. Dimensi dapat ditentukan jika diketahui debit (Q) dan *slope* atau kemiringan memanjang saluran serta koefisien kekasaran (n).



Gambar 5-18. Grafik untuk Menentukan Dimensi *Flume* Berdasarkan b dan d *Flume*

dimana:

b = lebar saluran

d = tinggi aliran dalam saluran

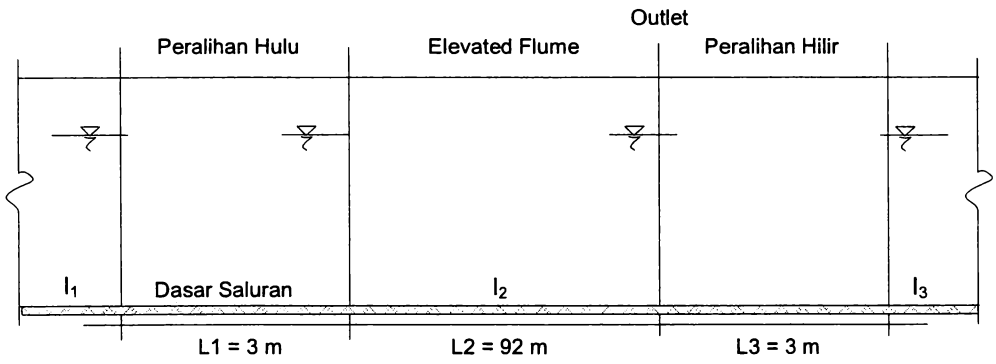
n = koefisien kekasaran

I = kemiringan (*slope*) potongan memanjang

- Dengan perhitungan

Perhitungan yang digunakan sama dengan rumus untuk perhitungan saluran terbuka. Tinggi jagaan (*freeboard*) dihitung dengan:

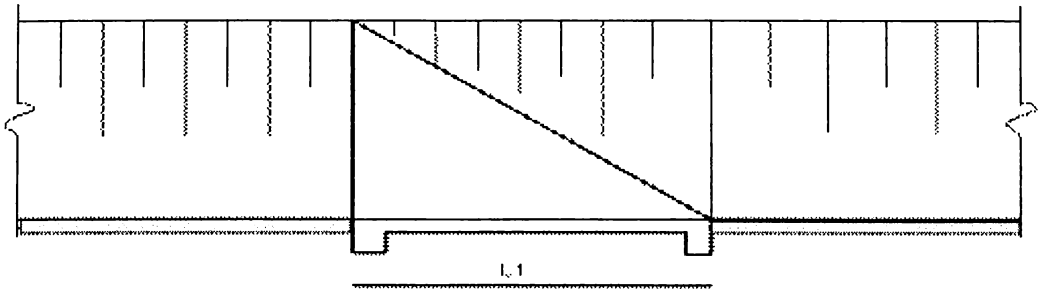
1. minimum tinggi jagaan sekitar 0,10 sampai 1,50 kali lining saluran dihulu dan dihilir.
2. $Fb = 0{,}07\ d + h_v + (0{,}05 - 0{,}15)$



Gambar 5-19. Potongan Memanjang *Flume* dan Kehilangan Tinggi Muka Air

Perhitungan gesekan karena kemiringan I di *elevated flume* $= \frac{n^2 v^2}{R^{4/3}}$

Perhitungan kehilangan tinggi (jenis peralihan punggung patah) seperti tergambar dibawah ini:



Gambar 5-20. Kehilangan Tinggi Muka Air (Jenis Peralihan Punggung Patah)

Koefisien dibagian *inlet* $f_o = 0{,}25$ dan *outlet* $= 0{,}30$

- Transisi di bagian masuk (inlet)

  gesekan $= h = L_1 \times \frac{(I_1 + I_2)}{2}$

  kontraksi $= h_1 = f_0 \times (hv - hv_1)$

- *Elevated Flume*

  gesekan $= h = L_2 \times I_2$

- Transisi di bagian aliran keluar *outlet*

  gesekan $= h = L_3 \times I_3$

  Total kehilangan tinggi $= \sum h = h_1 + h_2 + h_3$

Harga-harga koefisien kehilangan tinggi energi masuk (*inlet*) dan keluar (*outlet*) dapat dilihat pada Tabel 5-3. pada Kriteria Perencanaan Saluran (KP-03).

Di Indonesia pada umumnya saluran *flume* diletakkan diatas timbunan (kurang dari 3m). *Elevated flume* diletakkan diatas pilar dengan pertimbangan antara lain:

1. Bila timbunan lebih dari 3 m
2. Harga biaya timbunan tanah lebih mahal daripada biayapilar yang disebabkan antara lain sumber tanah timbunan lokasinya jauh dari proyek.
3. Terkait masalah pembebasan tanah.

5.6.2.2 Daftar Dimensi *Elevated Flume*

Untuk memudahkan menentukan dimensi saluran *Elevated Flume*, maka dibuat daftar yang terkait dimensi, debit, kecepatan dan kemiringan memanjang saluran seperti yang terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5-10. Perhitungan Dimensi dan Hidrolik *Elevated Flume*

B x H	d	A	P	R	I = 0.004		I = 0.00333		I = 0.00286		I = 0.00250		I = 0.002	
					V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q
0.5 x 0.5	0.35	0.18	1.20	0.15	1.23	0.22	1.12	0.20	1.04	0.18	0.97	0.17	0.87	0.15
	0.30	0.15	1.40	0.11	1.17	0.18	1.07	0.16	0.99	0.15	0.93	0.14	0.83	0.12
0.6 x 0.6	0.45	0.27	1.50	0.18	1.41	0.38	1.29	0.35	1.19	0.32	1.12	0.30	1.00	0.27
	0.40	0.24	1.40	0.17	1.37	0.33	1.25	0.30	1.15	0.28	1.08	0.26	0.97	0.23
	0.35	0.21	1.30	0.16	1.31	0.28	1.20	0.25	1.11	0.23	1.04	0.22	0.09	0.02
0.8 x 0.8	0.60	0.48	2.00	0.24	1.71	0.82	1.56	0.75	1.44	0.69	1.35	0.65	1.21	0.58
	0.55	0.44	1.10	0.40	2.40	1.06	2.19	0.96	2.03	0.89	1.90	0.84	1.70	0.75
	0.50	0.40	1.00	0.40	2.40	0.96	2.19	0.88	2.03	0.81	1.90	0.76	1.70	0.68
1 x 1	0.80	0.80	2.60	0.31	2.02	1.62	1.84	1.47	1.70	1.36	1.59	1.27	1.43	1.14
	0.75	0.75	2.50	0.30	1.98	1.49	1.81	1.36	1.68	1.26	1.57	1.18	1.40	1.05
	0.70	0.70	2.40	0.29	1.95	1.37	1.78	1.25	1.64	1.15	1.54	1.08	1.38	0.97
1.5 x 1.5	1.30	1.95	4.10	0.48	2.70	5.27	2.46	4.80	2.28	4.45	2.13	4.15	1.91	3.72
	1.25	1.88	4.00	0.47	2.67	5.01	2.44	4.58	2.26	4.24	2.11	3.96	1.89	3.54
	1.20	1.80	3.90	0.46	2.64	4.75	2.41	4.34	2.23	4.01	2.09	3.76	1.87	3.37
2.0 x 2.0	1.80	3.60	5.60	0.64	3.30	11.87	3.01	10.84	2.79	10.03	2.61	9.39	2.33	8.39
	1.75	3.50	5.50	0.64	3.28	11.46	2.99	10.47	2.77	9.69	2.59	9.06	2.32	8.11
	1.70	3.40	5.40	0.63	3.25	11.06	2.97	10.09	2.75	9.34	2.57	8.74	2.30	7.82
	1.65	3.30	5.30	0.62	3.23	10.65	2.95	9.72	2.73	9.00	2.55	8.42	2.28	7.53
2.5 x 2.5	2.25	5.63	7.00	0.80	3.83	21.54	3.49	19.67	3.23	18.21	3.03	17.03	2.71	15.23
	2.20	5.50	6.90	0.80	3.81	20.93	3.47	19.11	3.22	17.69	3.01	16.55	2.69	14.80
	2.10	5.25	6.70	0.78	3.76	19.76	3.44	18.03	3.18	16.70	2.98	15.62	2.66	13.97
	2.00	5.00	6.50	0.77	3.72	18.58	3.39	16.97	3.14	15.71	2.94	14.69	2.63	13.14
3 x 3	2.80	8.40	8.60	0.98	4.36	36.62	3.98	33.43	3.68	30.91	3.45	28.98	3.08	25.87
	2.75	8.25	8.50	0.97	4.34	35.81	3.96	32.67	3.67	30.28	3.43	28.30	3.07	25.33
	2.70	8.10	8.40	0.96	4.32	34.99	3.94	31.91	3.65	29.57	3.42	27.70	3.06	24.79
3.5 x 2	1.80	6.30	7.10	0.89	4.09	25.75	3.73	23.51	3.46	21.77	3.23	20.36	2.89	18.21
	1.75	6.13	7.00	0.88	4.05	24.81	3.70	22.66	3.42	20.98	3.20	19.63	2.86	17.56
	1.70	5.95	6.90	0.86	4.01	23.86	3.66	21.78	3.39	20.17	3.17	18.87	2.84	16.90
	1.65	5.78	6.80	0.85	3.97	22.93	3.62	20.95	3.36	19.39	3.14	18.14	2.81	16.24
4 x 2.5	2.25	9.00	8.50	1.06	4.60	41.39	4.20	37.79	3.89	34.98	3.64	32.72	3.25	29.27
	2.20	8.80	8.40	1.05	4.57	40.19	4.17	36.69	3.86	33.97	3.61	31.77	3.23	28.42
	2.10	8.40	8.20	1.02	4.50	37.79	4.11	34.50	3.80	31.94	3.56	29.88	3.18	26.72
	2.00	8.00	8.00	1.00	4.43	35.42	4.04	32.33	3.74	29.94	3.50	28.00	3.13	25.04

- Desain Parameter

Parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan struktur ini adalah:

Tabel 5-11. Parameter-Parameter dalam Perhitungan Struktur

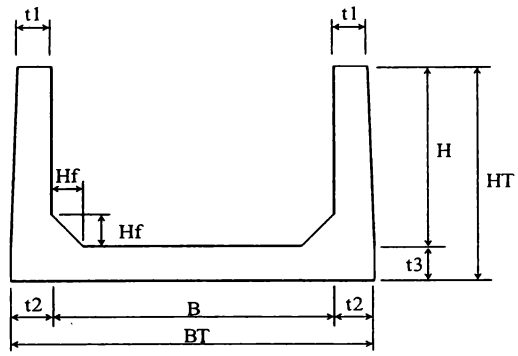
Parameter		Nilai
Berat Jenis	Berat Jenis Beton	$\gamma c = 2{,}4$ t/m^3
	Berat Jenis Tanah (kering)	$\gamma s = 1{,}7$ t/m^3
	Berat Jenis Tanah (jenuh)	$\gamma s' = 2{,}0$ t/m^3
Beban Hidup	Kelas Jalan	
	Beban Roda Belakang Truk	P = 5,0 tf/m
	Impact Coefficient	Ci = 0,3
	Beban Pejalan Kaki	wq = 0,0 tf/cm^2
Beton (K225)	Tegangan Karakteristik Beton	$\sigma ck = 225$ kgf/cm^2
	Tegangan Tekan Ijin Beton	$\sigma ca = 75$ kgf/cm^2
	Tegangan Geser Ijin Beton	$\tau a = 6{,}5$ kgf/cm^2
Tulangan (U24, *deformed bar*)	Tegangan Tarik Ijin Baja Tulangan	$\sigma sa = 1.400$ kgf/cm^2
	Tegangan Leleh Baja	$\sigma sy = 3.000$ kgf/cm^2
Young's Modulus Ratio		n = 21
Soil Properties	Kohesi	C = 0,0 tf/m^2
	Sudut Geser Dalam	$\phi = 25°$

- Penulangan.

Penulangan talang beton bertulang ini dirancang sedemikian rupa sehingga:

1. diameter tulangan yang digunakan 10 mm, 12 mm dan 16 mm
2. bentuk/ukuran segmen penulangan sederhana dan praktis

Konstruksi *Flume*, direncanakan dengan dimensi seperti terlihat pada gambar dan matriks dibawah ini.



Gambar 5-21. Potongan Melintang Saluran *Flume* Beton Bertuang

Tabel 5-12. Dimensi Desain dan Penulangan *Elevated Flume*

Type flume				H0.5m	H0.6m	H0.8m	H1.0m	H1.5m	H2.0m	H2.5m	H3.0m
Lebar Saluran			m	0.50	0.60	0.80	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
Tinggi Saluran			m	0.50	0.60	0.80	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
Tinggi fillet / lengkungan sudut			m	0.08	0.08	0.08	0.08	0.15	0.15	0.20	0.20
Ketebalan	Dinding Saluran	Atas	cm	10.0	10.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	20.0
		Bawah	cm	10.0	10.0	15.0	15.0	20.0	20.0	22.0	25.0
	Dasar Saluran		cm	10.0	10.0	15.0	15.0	20.0	20.0	22.0	25.0
Selimut Beton											
	Dinding Saluran	Luar	cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
		Dalam	cm	-	-	-	-	5.0	5.0	5.0	5.0
	Dasar Saluran	Atas	cm	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
		Bawah	cm	-	-	-	-	5.0	5.0	5.0	5.0
Tulangan		(dia - spacing per unit width of 1.0 m)									
Dinding Saluran	Lower outside	Tensile bar	mm	12@250	12@250	12@250	12@250	12@200	12@100	16@100	16@100
		Distribution bar	mm	10@150	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@200	12@250
	Lower inside	Compressive bar	mm	-	-	-	-	12@250	12@250	12@250	12@250
		Distribution bar	mm	-	-	-	-	12@250	12@250	12@200	12@250
	Upper outside	Tensile bar	mm	12@250	12@250	12@250	12@250	12@200	12@200	16@200	16@200
		Distribution bar	mm	10@150	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@200	12@250
	Upper inside	Compressive bar	mm	-	-	-	-	-	-	-	12@250
		Distribution bar	mm	-	-	-	-	-	-	-	12@250
Dasar Saluran	Lower edge	Tensile bar	mm	12@250	12@250	12@250	12@250	12@200	12@100	16@100	16@100
		Distribution bar	mm	10@150	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@200	12@200
	Upper edge	Compressive bar	mm	-	-	-	-	12@250	12@250	12@250	12@250
		Distribution bar	mm	-	-	-	-	12@250	12@250	12@200	12@200
	Lower middle	Tensile/comp. bar	mm	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250
		Distribution bar	mm	10@150	12@250	12@250	12@250	12@250	12@250	12@200	12@200
	Upper middle	Tensile/comp. bar	mm	-	-	-	-	12@250	12@250	12@250	12@250
		Distribution bar	mm	-	-	-	-	12@250	12@250	12@200	12@200
Siku		Tulangan Siku	mm	12@250	12@250	12@250	12@250	12@200	12@200	12@200	12@200

5.7 Bangunan Terjun

5.7.1 Umum

Bangunan terjun atau got miring diperlukan jika kemiringan permukaan tanah lebih curam daripada kemiringan maksimum saluran yang diizinkan. Bangunan semacam ini mempunyai empat bagian fungsional, masing-masing memiliki sifat-sifat perencanaan yang khas (lihat Gambar 5-23.)

1. Bagian hulu pengontrol, yaitu bagian dimana aliran menjadi superkritis.
2. Bagian dimana air dialirkan ke elevasi yang lebih rendah.
3. Bagian tepat di sebelah hilir potongan U dalam Gambar 5-23., yaitu tempat dimana energi diredam.
4. Bagian peralihan saluran memerlukan lindungan untuk mencegah erosi.

5.7.2 Bagian Pengontrol

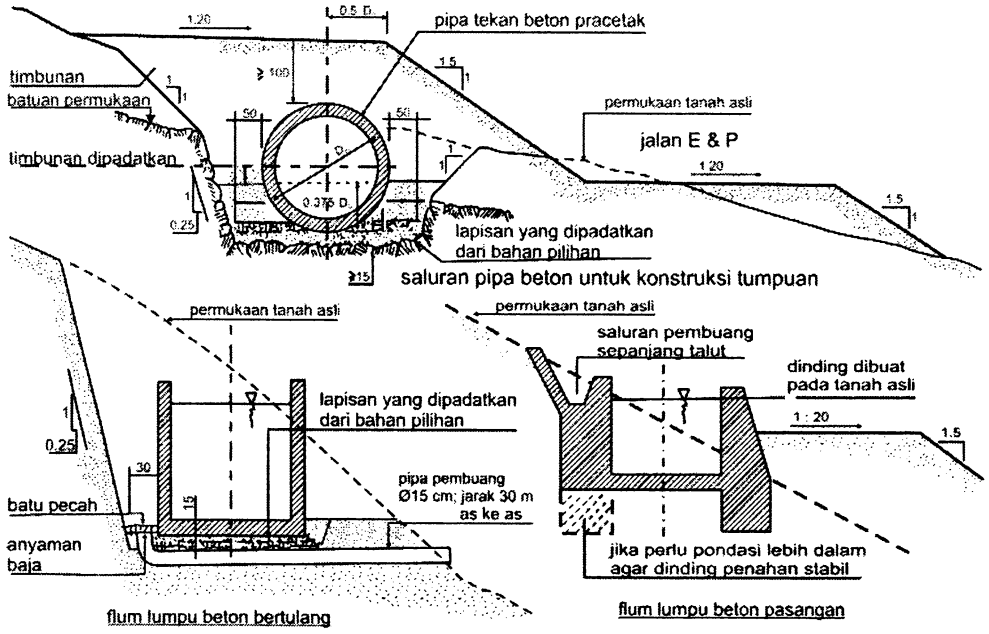
Pada bagian pertama dari bangunan ini, aliran diatas ambang dikontrol. Hubungan tinggi energi yang memakai ambang sebagai acuan (h_1) dengan debit (Q) pada pengontrol ini bergantung pada ketinggian ambang (p_1), potongan memanjang mercu bangunan, kedalaman bagian pengontrol yang tegak lurus terhadap aliran, dan lebar bagian pengontrol ini.

Bangunan-bangunan pengontrol yang mungkin adalah alat ukur ambang lebar atau flum leher panjang (subbab 2.3), bangunan pengatur mercu bulat (subbab 3.4) dan bangunan celah pengontrol trapesium (subbab 3.5).

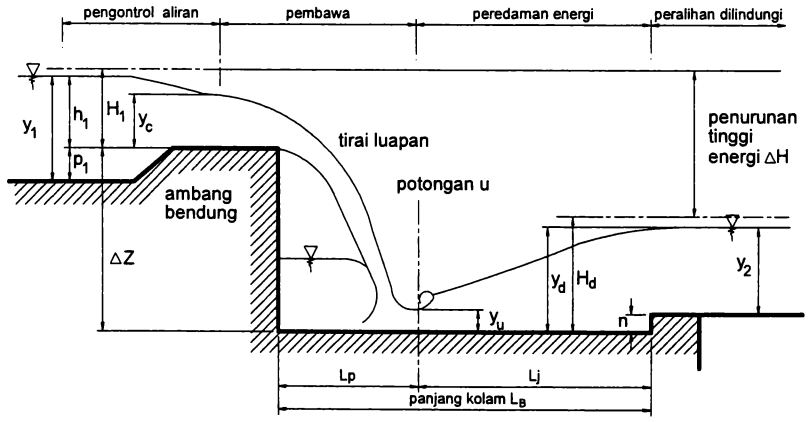
Pada waktu menentukan bagian pengontrol, kurva Q-h_1 dapat diplot pada grafik. Pada grafik yang sama harus diberikan plot debit versus kedalaman air saluran hulu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5-23. Dengan cara menganekaragamkan harga-harga pengontrol, kedua kurva dapat dibuat untuk bisa digabung dengan harga-antara umum

aliran di saluran tersebut.

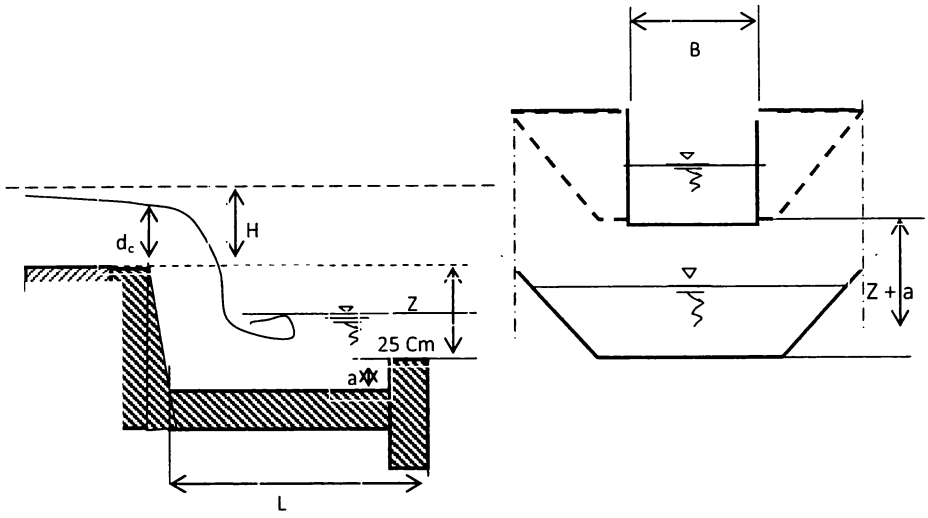
Keuntungan dari penggabungan semacam ini adalah bahwa bangunan pengontrol tidak menyebabkan kurva pengempangan (dan sedimentasi) atau menurunnya muka air (dan erosi) di saluran hulu.



Gambar 5-22. Contoh *Flum* Tumpu



Gambar 5-23. Ilustrasi Peristilahan yang Berhubungan dengan Bangunan Peredam Energi



Gambar 5-24. Ilustrasi Peristilahan yang Berhubungan dengan Lebar Efektif dan Ruang Olak Di Bangunan Terjun Lurus

5.7.2.1 Perhitungan Hidrolis: (Gambar 5-24.)

(1) Lebar bukaan efektif B

$$B = \frac{Q}{1{,}71\ m\ H^{3/2}} \quad \text{.....5-19}$$

$$H = h_1 + v_1/2g \quad \text{.....5-20}$$

Dimana:

B = Lebar bukaan efektif (m)

Q = Debit (m^3/dt)

m = Koefisien aliran = 1

H = Tinggi garis energi di udik (m)

h_1 = Tinggi muka air di udik (m)

v_1 = Kecepatan aliran saluran di hulu (m/dt)

(2) Tinggi ambang dihilir a

$$a = {}^{1}/_{2}\, d_c \quad \text{.....5-21}$$

$$d_c = Q^2/(g.B^2)^{1/3} \quad \text{.....5-22}$$

Dimana:

a = Tinggi ambang hilir (m)

d_c = Kedalaman air kritis (m)

Q = Debit rencana (m^3/dt)

B = Lebar bukaan efektif (m)

g = Percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx$ 9,8 m/dt^2)

(3) Panjang olakan L

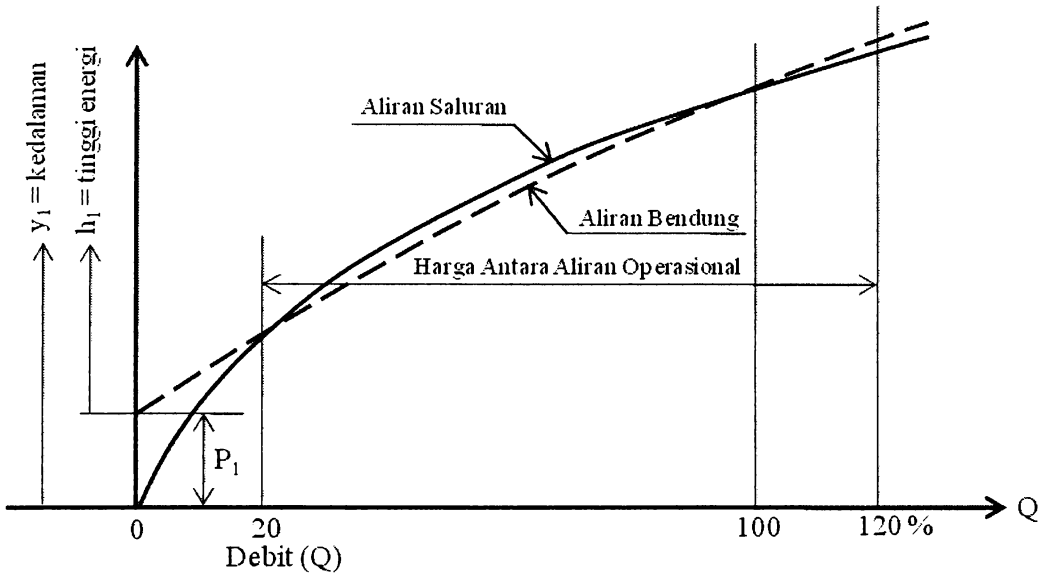
$$L = C_1 Z.d_c + 0{,}25 \quad \text{.....5-23}$$

$$C_1 = 2{,}5 + 1{,}1\,(d_c/Z) + 0{,}7(d_c/Z)^3 \quad \text{.....5-24}$$

Dimana:

L = Panjang kolam olakan (m)

Z = Tinggi terjun (m)



Gambar 5-25. Penggabungan Kurva Q – y_1 dan Q – h_1 Sebuah Bangunan

5.7.3 Bangunan Terjun Tegak

Bangunan terjun tegak menjadi lebih besar apabila ketinggiannya ditambah. Juga kemampuan hidrolisnya dapat berkurang akibat variasi di tempat jatuhnya pancaran di lantai kolam jika terjadi perubahan debit. Bangunan terjun sebaiknya tidak dipakai apabila perubahan tinggi energi,diatas bangunan melebihi 1,50 m.

Dengan bangunan terjun tegak, luapan yang jatuh bebas akan mengenai lantai kolam dan bergerak ke hilir pada potongan U (lihat Gambar 5-18.). Akibat luapan dan turbulensi (pusaran air) di dalam kolam dibawah tirai luapan, sebagian dari energi direndam di depan potongan U. Energi selebihnya akan diredam di belakang potongan U. Sisa tinggi energi hilir yang memakai dasar kolam sebagai bidang persamaan, H_d, tidak berbeda jauh dari perbandingan $\Delta Z/H_1$, dan kurang lebih sama dengan 1,67 H_1 (lihat persamaan 5-26). Harga H_d ini dapat dipakai untuk menentukan ΔZ sebuah bangunan terjun tegak dan persamaan 5-25.

Bangunan terjun dengan bidang tegak sering dipakai pada saluran induk dan sekunder, bila tinggi terjun tidak terlalu besar.

Menurut Perencanaan Teknis Direktorat Irigasi (1980) tinggi terjun tegak dibatasi sebagai berikut:

(1) Tinggi terjun maksimum 1,50 meter untuk $Q < 2{,}50\ m^3/dt$.

(2) Tinggi terjun maksimum 0,75 meter untuk $Q > 2{,}50\ m^3/dt$

Perencanaan hidrolis bangunan dipengaruhi oleh besaran-besaran berikut:

H_1 = tinggi energi di muka ambang, m

ΔH = perubahan tinggi energi pada bangunan, m

H_d = tinggi energi hilir pada kolam olak, m

q = debit per satuan lebar ambang, m^2/dt

g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx 9{,}8 m/dt^2$)

n = tinggi ambang pada ujung kolam olak, m

Besaran-besaran ini dapat digabungkan untuk membuat perkiraan awal tinggi bangunan terjun:

$$\Delta Z = (\Delta H + H_d) - H_1 \quad \text{.....5-25}$$

Untuk perkiraan awal H_d, boleh diandaikan, bahwa

$$H_d \approx 1{,}67\ H_1 \quad \text{.....5-26}$$

Kemudian kecepatan aliran pada potongan U dapat diperkirakan dengan

$$V_u = \sqrt{2g\Delta Z}. \quad \text{.....5-27}$$

dan selanjutnya,

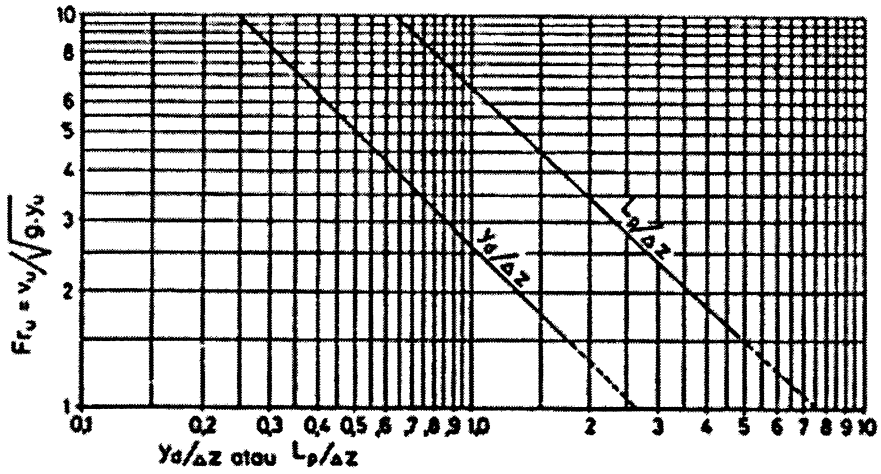
$$y_u = q/v_u \quad \text{.....5-28}$$

Aliran pada potongan U kemudian dapat dibedakan sifatnya dengan bilangan *Froude* tak berimensi:

$$Fr_u = \frac{v_u}{\sqrt{g \times y_u}} \quad \text{.....5-29}$$

Geometri bangunan terjun tegak dengan perbandingan panjang $y_d/\Delta z$ dan $L_p/\Delta z$ kini dapat dihitung dari Gambar 5-26.

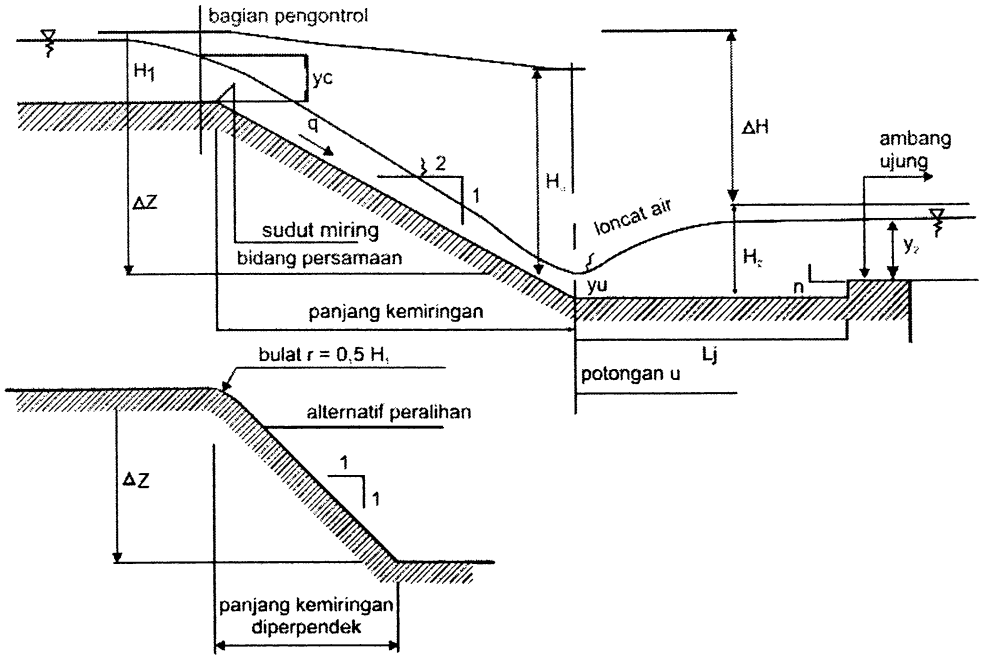
Pada Gambar 5-26. ditunjukkan y_d dan L_p



Gambar 5-26. Grafik Tak Berdimensi dari Geometri Bangunan Terjun Tegak (*Bos, Replogle and Clemmens*, 1984)

5.7.4 Bangunan Terjun Miring

Permukaan miring yang menghantar air ke dasar kolam olak adalah praktek perencanaan yang umum, khususnya jika tinggi energi jatuh melebihi 1,5 m. Pada bangunan terjun, kemiringan permukaan belakang dibuat securam mungkin dan relatif pendek. Jika peralihan ujung runcing dipakai di antara permukaan pengontrol dan permukaan belakang (hilir), disarankan untuk memakai kemiringan yang tidak lebih curam dari 1:2 (lihat Gambar 5-26.).



Gambar 5-27. Sketsa Dimensi untuk Tabel A.2.6 (Lampiran II)

Alasannya adalah untuk mencegah pemisahan aliran pada sudut miring. Jika diperlukan kemiringan yang lebih curam, sudut runcing harus diganti dengan kurva peralihan dengan jari-jari $r \approx 0{,}5\ H_{lmaks}$. Harga-harga y_u dan H_d, yang dapat digunakan untuk perencanaan kolam di belakang potongan U, mungkin dapat ditentukan dengan menggunakan Tabel A.2.6, Lampiran II Tinggi energi H_u pada luapan yang masuk kolam pada potongan U mempunyai harga yang jauh lebih tinggi jika digunakan permukaan hilir yang miring, dibandingkan apabila luapan jatuh bebas seperti pada bangunan terjun tegak. Sebabnya ialah bahwa dengan bangunan terjun tegak, energi diredam karena terjadinya benturan luapan dengan lantai kolam dan karena pusaran turbulensi air di dalam kolam dibawah tirai luapan. Dengan bangunan terjun miring, peredaman energi menjadi jauh berkurang akibat gesekan dan aliran turbulensi diatas permukaan yang miring.

5.8 Got Miring

Bila saluran mengikuti kemiringan lapangan yang panjang dan curam, maka sebaiknya dibuat got miring.

Aliran dalam got miring (lihat Gambar 5-27.) adalah superkritis dan bagian peralihannya harus licin dan berangsur agar tidak terjadi gelombang. Gelombang ini bisa menimbulkan masalah di dalam potongan got miring dan kolam olak karena gelombang sulit diredam.

5.8.1 Peralihan

USBR (1978) mengajurkan agar aturan-aturan berikut diikuti dalam perencanaan geometris bagian peralihan (masuk dan keluar):

(1) Kotangen sudut lentur permukaan air (α) tidak boleh kurang dari 3,375 kali bilangan *Froude* aliran (Bila kriteria ini tidak berhasil mengontrol pelenturan, maka pelenturan maksimum sebaiknya 30° pada peralihan masuk dan 25° pada peralihan keluar):

$$\text{Cot}\,\alpha \geq 3{,}375 \times \text{Fr} \qquad \text{.....5-30}$$

dimana:

$$\text{Fr} = \frac{v}{\sqrt{(1-K)g\,d\cos\emptyset}} \qquad \text{.....5-31}$$

Fr = bilangan *Froude* dipangkal dan ujung peralihan luas potongan

$d = \frac{\text{luas potongan}}{\text{lebar–atas potongan}}$ dengan satuan (m)

g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx$ 9,8 m/dt^2)

K = faktor percepatan

v = kecepatan aliran pada titik yang bersangkutan, m/dt

θ = sudut kemiringan lantai pada titik yang bersangkutan.

Faktor percepatan K dapat mempunyai harga-harga berikut, tergantung pada

lengkung lantai:

K = 0, untuk lantai peralihan pada satu bidang (tidak perlu horizontal)

$$K = \frac{v^2}{g\, r \cos\theta} \quad \text{.....5-32}$$

untuk lantai peralihan pada kurva bulat

$$K = \frac{(\tan\theta_L - \tan\theta_0) 2h_v \cos^2\theta_0}{L_t} \quad \text{.....5-33}$$

Untuk lantai peralihan pada kurva parabola

Dalam rumus diatas:

h_v = tinggi kecepatan pada pangkal (permulaan) kurva, m

r = jari-jari lengkung lantai, m

v = kecepatan pada titik yang bersangkutan, m/dt

θ = kemiringan sudut lantai

θ_L = kemiringan sudut lantai di ujung (akhir) kurva

θ_0 = kemiringan sudut lantai pangkal kurva

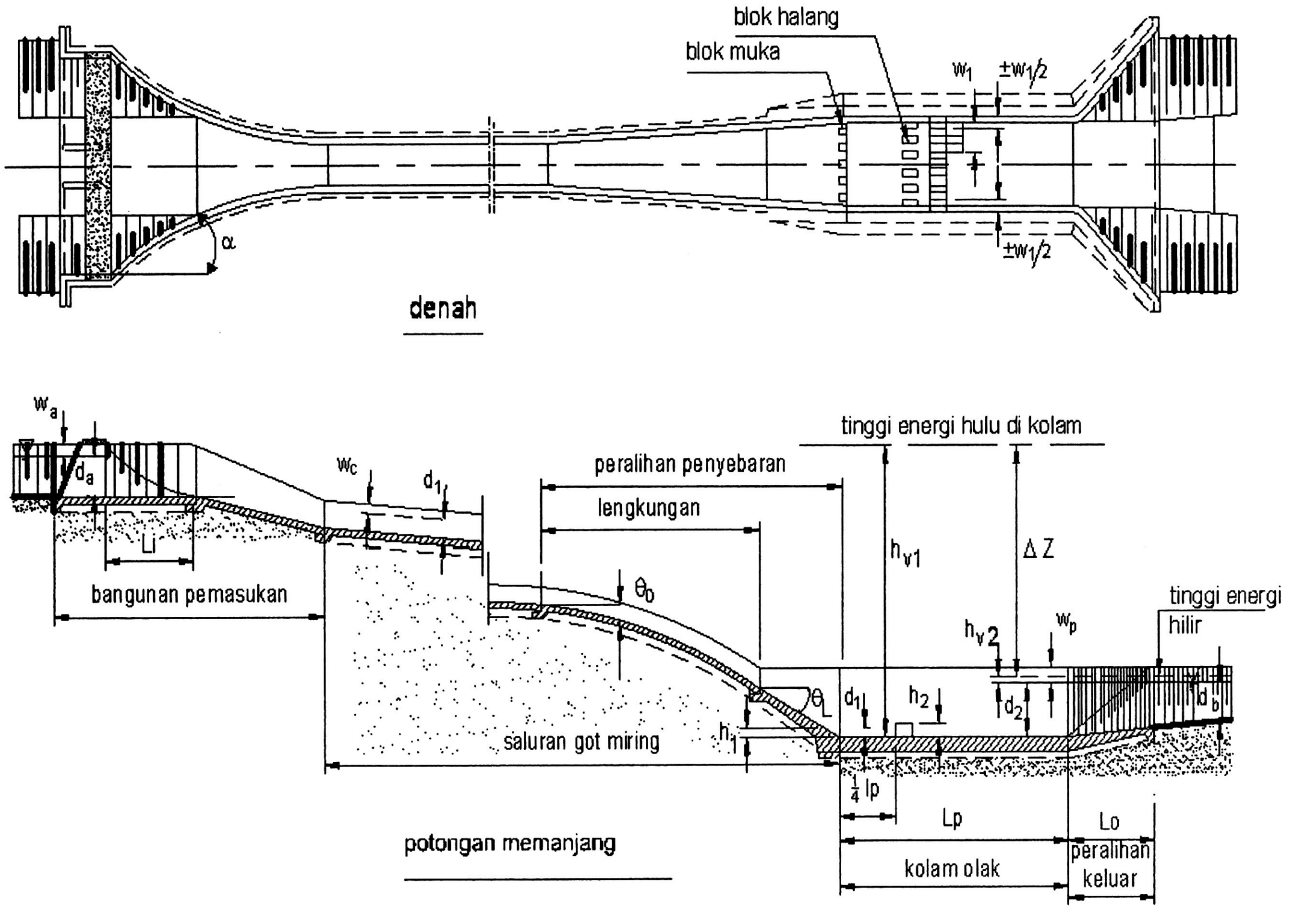
g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx$ 9,8m/dt^2)

L_t = percepatan peralihan, m

USBR membatasi harga K sampai dengan maksimum 0,5 untuk menjamin agar tekanan positif pada lantai tetap ada.

(2) Peralihan masuk nonsimetris dan perubahan-perubahan pada trase tepat didepan bangunan harus dihindari karena hal-hal tersebut bisa mengakibatkan terjadinya gelombang-gelombang silang di dalam got miring dan arus deras di dalam kolam olak.

(3) Kecepatan saluran di got miring tidak melebihi 2 m/dt untuk saluran pasangan batu dan 3 m/dt untuk saluran dari pasangan beton.



Gambar 5-28. Tipe – Tipe Got Miring Segi Empat (dari USBR, 1978)

5.8.2 Bangunan Pembawa

Persamaan *Bernoulli's* dipakai untuk menghitung perubahan aliran di dasar got miring. Persamaan tersebut harus dicoba dulu:

$$d_1 + h_{v1} + Z_1 = d_2 + h_{v2} + h_f + Z_2 \quad \text{.....5-34}$$

Dimana:

d_1 = kedalaman diujung hulu kolam, m

h_{v1} = tinggi kecepatan di ujung hulu, m

d_2 = kedalaman di ujung hilir kolam, m

h_{v2} = tinggi kecepatan di ujung hilir, m

h_f = kehilangan energi akibat gesekan pada ruas, m

Z_1 = jarak bidang referensi, m

Z_2 = jarak bidang referensi, m

Kehilangan energi karena gesekan h_f sama dengan sudut gesekan rata-rata Sa pada ruas kali panjangnya L. Dengan rumus *Manning/Strickler*, sudut gesekan tersebut adalah:

$$i_f = \frac{v^2}{k^2 R^{4/3}} \quad \text{.....5-35}$$

dimana:

v = kecepatan, m/dt

k = koefisien kekasaran, $m^{1/3}/dt$

R = jari-jari hidrolis, m

Kehilangan energi akibat gesekan, h_f boleh diabaikan untuk got miring yang panjangnya kurang dari 10 m.

Potongan biasa untuk bagian miring bangunan ini adalah segi empat. Tetapi, andaikata ada bahaya terjadinya aliran yang tidak stabil dan timbulnya gelombang,

maka potongan dengan dasar berbentuk segi tiga dan dinding vertikal dapat dipilih.

Tinggi dinding got miring yang dianjurkan sama dengan kedalaman maksimum ditambah dengan tinggi jagaan (lihat Tabel 5-13.) atau 0,4 kali kedalaman kritis di dalam potongan got miring ditambah dengan tinggi jagaan, yang mana saja yang lebih besar.

Tabel 5-13. Tinggi Minimum untuk Got Miring (dari USBR, 1973)

Kapasitas (m^3/dt)	Tinggi Jagaan (m)
$Q < 3,5$	0,30
$3,5 < Q < 17,0$	0,40
$Q > 17,0$	0,50

Bila kecepatan di dalam got miring lebih dari 9 m/dt, maka kemungkinan volume air tersebut bertambah akibat penghisapan udara oleh air. Peninggian dinding dalam situasi ini termasuk persyaratan yang harus dipenuhi, di samping persyaratan bahwa kedalaman air tidak boleh kurang dari 0,4 kali kedalaman kritis.

Jika kemiringan got miring ini kurang dari 1:2, maka bagian potongan curam yang pendek harus dibuat untuk menghubungkannya dengan kolam olak. Kemiringan potongan curam ini sebaiknya antara 1:1 dan 1:2 diperlukan kurva vertikal di antara potongan got miring dan potongan berkemiringan curam tersebut. USBR menganjurkan penggunaan kurva parabola untuk peralihan ini karena kurva ini akan menghasilkan harga K yang konstan. Persamaan berikut dapat menjelaskan kurva parabola yang dimaksud:

$$Y = X \tan\theta_0 + \frac{(\tan\theta_L - \tan\theta_0)X^2}{2L_t} \quad \text{5-36}$$

dimana:

X = jarak horizontal dari awal, m

Y = jarak vertikal dari awal, m

L_t = panjang horizontal dari awal sampai akhir/ujung, m

θ_o = sudut kemiringan lantai pada awal kurva

θ_L = sudut kemiringan ujung kurva

Panjang L_t harus dipilih dengan bantuan persamaan (5-33), untuk mana K = 0,5 atau kurang.

5.8.3 Aliran Tidak Stabil

Pada got miring yang panjang ada bahaya timbulnya ketidakstabilan dalam aliran yang disebut aliran getar (*slug/pulsating flow*). Bila got miring itu panjangnya lebih dari
30 m, harus dicek dengan cara menghitung bilangan '*Vedernikov*' ($\underline{V}$) :

$$\underline{V} = \frac{2\,b\,v}{3\,P\sqrt{g\,d\,\cos\theta}} \qquad \text{5-37}$$

Dan bilangan '*Montuori*' ($\underline{M}$)

$$\underline{M}^2 = \frac{v^2}{g\,I\,L\cos\theta} \qquad \text{5-38}$$

Dimana :

b = lebar dasar potongan got miring, m

v = kecepatan, m/dt

P = keliling basah, m

g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx 9{,}8\ m/dt^2$)

d = kedalaman air rata-rata= $\frac{\text{luas}}{\text{lebar atas}}$, m

θ = sudut gradien energi

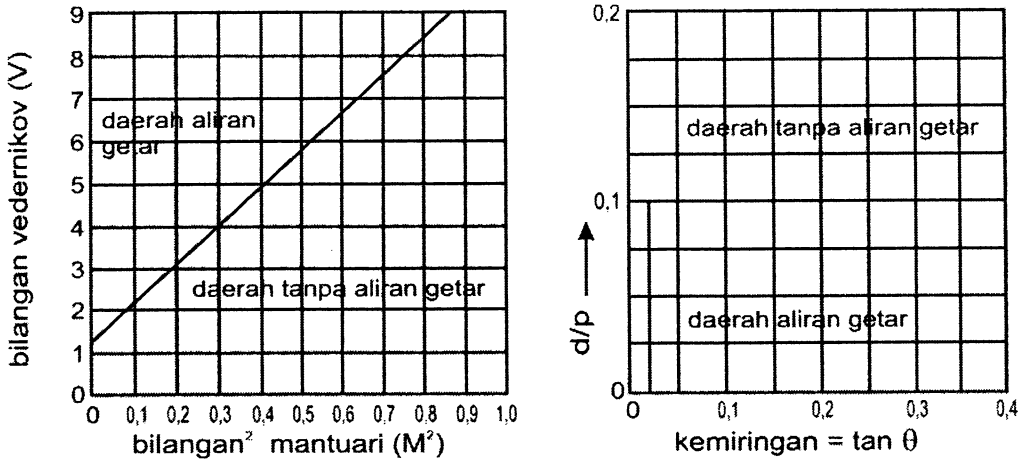
I = kemiringan rata-rata gradien energi = $\tan\theta$

L = panjang yang dimaksud, m

Harga-harga yang dihitung diplot pada Gambar 5-29a. Jika titiknya terletak di daerah

aliran getar, maka faktor bentuk d/P dihitung dan diplot pada Gambar 5-29b. Gelombang akan timbul hanya apabila titik-titik itu terletak di dalam daerah getar di kedua gambar.

Jika memang demikian halnya, maka kalau mungkin panjang, kemiringan atau lebarnya harus diubah. Apabila hal ini tidak mungkin, maka harus disediakan longgaran khusus untuk aliran deras di dalam kolam olak dengan menggunakan tinggi jagaan tambahan dan mungkin alat peredam gelombang (*wave suppressor*).



a. Kriteria aliran getar (dari USBR, 1978)

b. Kriteria bentuk (dari USBR, 1978)

Gambar 5-29. Kriteria Aliran Getar dan Kriteria bentuk (dari USBR, 1978)

BAB VI
KOLAM OLAK

6.1 Umum

Tipe kolam olak yang akan direncana disebelah hilir bangunan bergantung pada energi air yang masuk, yang dinyatakan dengan bilangan *Froude*, dan pada bahan konstruksi kolam olak.

Berdasarkan bilangan *Froude*, dapat dibuat pengelompokan-pengelompokan berikut dalam perencanaan kolam:

(1) Untuk $Fr_u \leq 1,7$ tidak diperlukan kolam olak; pada saluran tanah, bagian hilir harus dilindungi dari bahaya erosi; saluran pasangan batu atau beton tidak memerlukan lindungan khusus.

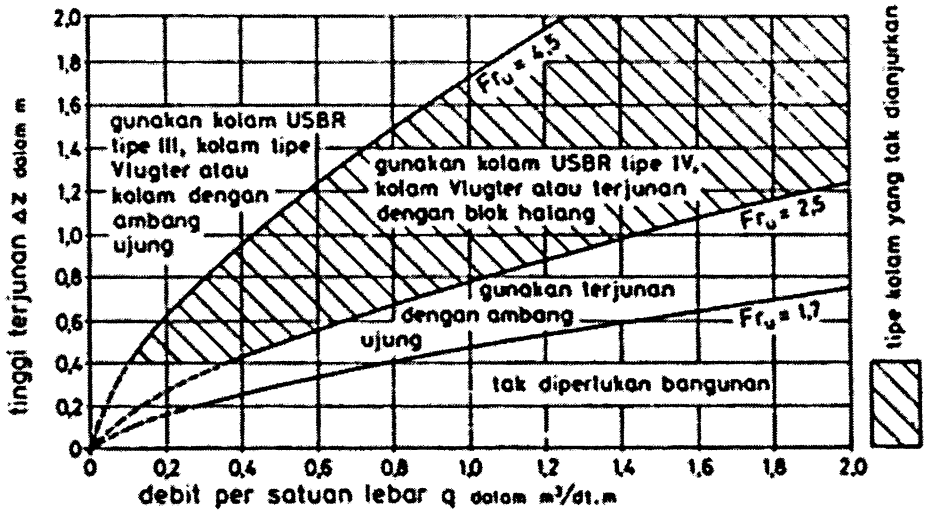
(2) Bila $1,7 < Fr_u \leq 2,5$ maka kolam olak diperlukan untuk meredam energi secara efektif. Pada umumnya kolam olak dengan ambang ujung mampu bekerja dengan baik. Untuk penurunan muka air $\Delta Z < 1,5$ m dapat dipakai bangunan terjun tegak.

(3) Jika $2,5 < Fr_u \leq 4,5$ maka akan timbul situasi yang paling sulit dalam memilih kolam olak yang tepat. Loncatan air tidak terbentuk dengan baik dan menimbulkan gelombang sampai jarak yang jauh di saluran. Cara mengatasinya adalah mengusahakan agar kolam olak untuk bilangan *Froude* ini mampu menimbulkan olakan (turbulensi) yang tinggi dengan blok halangnya atau menambah intensitas pusaran dengan pemasangan blok depan kolam. Blok ini harus berukuran besar (USBR tipe IV). Tetapi pada prakteknya akan lebih baik untuk tidak merencanakan kolam olak jika $2,5 < Fr_u < 4,5$. Sebaiknya geometrinya diubah untuk memperbesar atau memperkecil bilangan *Froude* dan memakai kolam dari kategori lain.

(4) Jika $Fr_u \geq 4,5$ ini akan merupakan kolam yang paling ekonomis. karena

kolam ini pendek. Tipe ini, termasuk kolam olak USBR tipe III yang dilengkapi dengan blok depan dan blok halang. Kolam loncat air yang sama dengan tangga di bagian ujungnya akan jauh lebih panjang dan mungkin harus digunakan dengan pasangan batu.

Gambar 6-1. menyajikan diagram untuk pemilihan bangunan peredam energi di saluran.



Gambar 6-1. Diagram untuk Memperkirakan Tipe Bangunan yang Akan Digunakan untuk Perencanaan Detail (Disadur dari *Bos. Replogle and Clemments*, 1984)

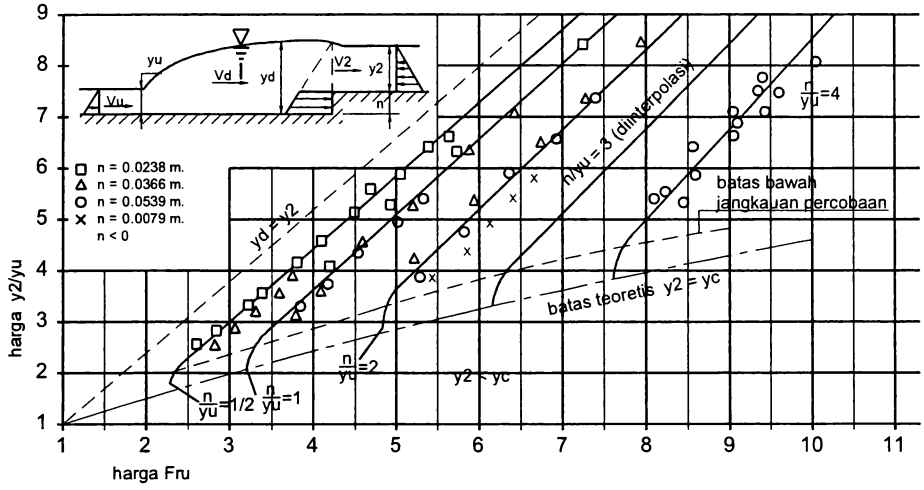
6.2 Kolam Loncat Air

6.2.1 Perhitungan Hidrolis Secara Grafis

Panjang kolam loncat air di sebelah hilir potongan U (Gambar 5-25. dan Gambar 5-26. pada got miring) kurang dari panjang loncatan tersebut akibat pemakaian ambang ujung (*end sill*). Ambang pemantap aliran ini ditempatkan pada jarak:

$$L_f = 5\,(n + y_2) \quad \text{.....6-1}$$

di sebelah hilir potongan U. Tinggi yang diperlukan untuk ambang ujung ini sebagai fungsi bilangan *Froude* (Fr_u), kedalaman air masuk (y_u), dan fungsi kedalaman air hilir, dapat ditentukan dari Gambar 6-2.



Gambar 6-2. Hubungan Percobaan antara Fr_u, y_2/y_1 dan n/y_2 untuk Ambang Pendek (Menurut *Foster* dan *Skrinde*, 1950)

Pada waktu mengukur kolam adalah penting untuk menyadari bahwa kedalaman air hilir, y_2 disebabkan bukannya oleh bangunan terjun, tetapi oleh karakteristik aliran saluran hilir. Apabila karakteristik ini sedemikian sehingga dihasilkan y_2 yang diperlukan, maka akan terjadi loncatan di dalam kolam jika tidak langkah-langkah tambahan, seperti misalnya menurunkan lantai kolam dan meninggikan ambang ujung, harus diambil untuk menjamin peredaman energi secara memadai.

6.2.2 Perhitungan Hidrolis

Berdasarkan percobaan-percobaan, maka dari bentuk ruang olak persegi empat dapat menetapakan antara lain:

- Lokasi loncat hidrolis (*hidraulic jump*)
- Nilai-nilai dasar loncat hidrolis.

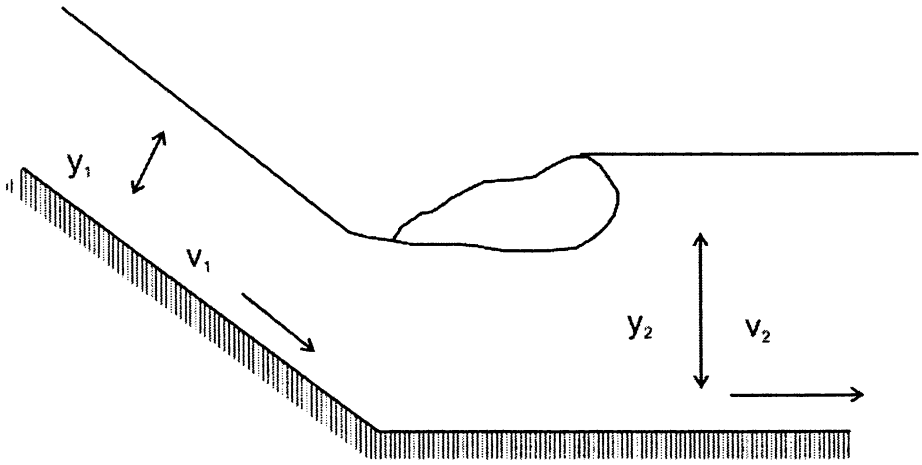
6.2.2.1 Nilai-Nilai Dasar Loncat Hidrolis

Perhitungan nilai-nilai dasar loncat hidrolis yang perlu diketahui seperti (lihat Gambar 6-3.):

1) Perbedaan muka air dihulu dan di hilir (Z)

Perbedaan muka air dihulu dan di hilir (Z) ditetapkan = $Y_2/3$

Dimana tinggi muka air di ruang olak Y_2 dipengaruhi oleh besarnya nilai *Froude Number* (Fr_u) aliran masuk



Gambar 6-3. Diagram Hidrolis Kolam Olak

Untuk F_1 = 1,7 sampai 5,5 ;maka $Y_2' = (1{,}1 - F_1^2)\, Y_2$.

Untuk F_1 = 5,5 sampai 11 ; maka $Y_2' = 0{,}85\ Y_2$.

Untuk F_1 = 11 sampai 17 ; maka $Y_2' = (0{,}1 - F_1^2)\, Y_2$.

2) Kehilangan energi ΔE

$$\Delta E = E_1 - E_2 = \frac{(Y_1 - Y_2)^2}{4 \times Y_1 \times Y_2} \qquad \text{.....6-2}$$

3) Efisiensi loncatan E2/E1

$$E2/E1 = \frac{(8 F_1^2 + 1)^{3/2} - 4 F_1^2 + 1}{8 F_1^2 (2 + F_1^2)} \qquad \text{.....6-3}$$

4) Tinggi loncatan air h_j

Tinggi loncatan air $h_j = Y_2 - Y_1$ 6-4

5) Panjang ruang olak L_B

$$L_B = \frac{4{,}5\ Y_2}{F_1 \times 0{,}76} \quad \text{..... 6-5}$$

Dimana:

F_1 = *Froude Number* di udik loncatan air = $\frac{V_1}{\sqrt{gY_1}}$

V_1 = Kecepatan aliran di udik loncatan air (m/dtk)

Y_1 = Tinggi aliran di udik loncatan air (m)

6.3 Kolam Olak untuk Bilangan *Froude* Antara 2,5 dan 4,5

Pendekatan yang dianjurkan dalam merencanakan kolam olak untuk besaran bilangan *Froude* diatas adalah menambah atau mengurangi (tetapi lebih baik menambah) bilangan *Froude* hingga melebihi besarnya besaran tersebut.

Dari rumusnya, bilangan *Froude* dapat ditambah dengan cara sebagai berikut:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g\,y}} = \frac{q}{\sqrt{g\,y^3}} \quad \text{..... 6-6}$$

dengan menambah kecepatan v atau mengurangi kedalaman air, y. Keduanya dihubungkan lewat debit per satuan lebar q, yang bisa ditambah dengan cara mengurangi lebar bangunan (q = Q/B).

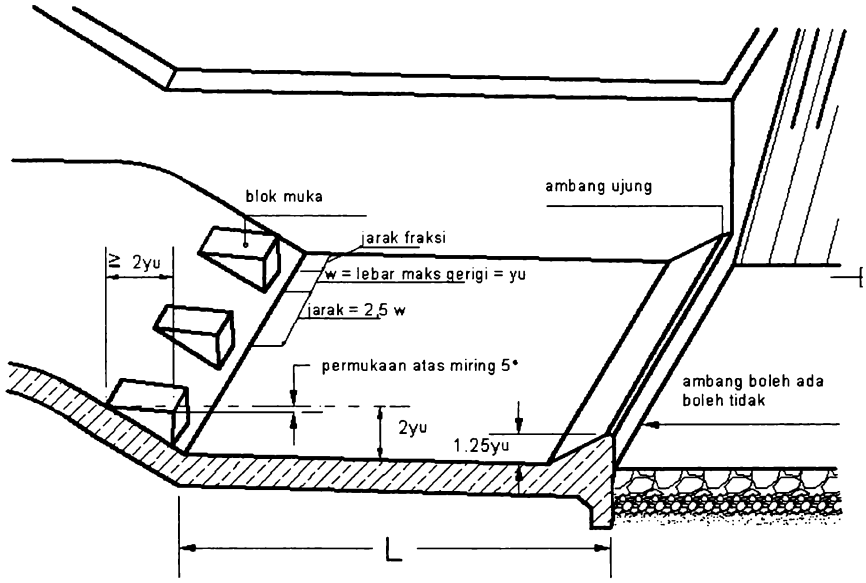
Bila pendekatan diatas tidak mungkin, maka ada dua tipe kolam olak yang dapat dipakai, yaitu:

(1) Kolam olak USBR tipe IV, dilengkapi dengan blok muka yang besar yang membantu memperkuat pusaran. Tipe kolam ini bersama-sama dengan dimensinya ditunjukkan pada Gambar 6-4. Panjang kolam, L, dapat

diketemukan dari:

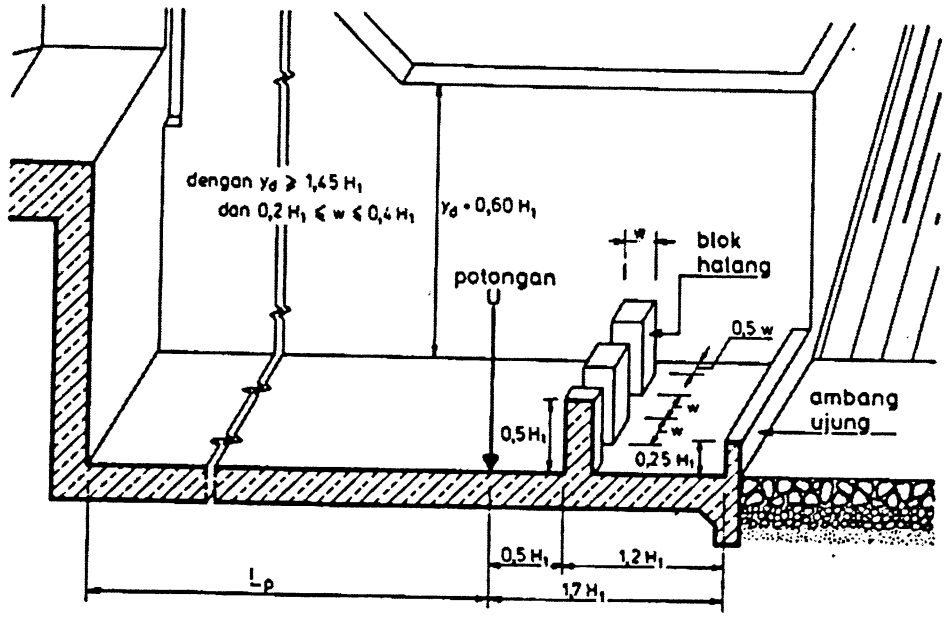
$$L = 2\,y_u\left(\sqrt{1 + 8\,Fr_u^{\,2}} - 1\right) \quad \text{.....6-7}$$

Kedalaman minimum air hilir adalah 1,1 kali y_d : $y_2 + n \geq 1{,}1\ y_d$ menurut USBR, 1973.



Gambar 6-4. Dimensi Kolam Olak Tipe IV (USBR, 1973)

(2)Kolam olak tipe-blok-halang (*baffle-block-tipebasin*) (*Donnelly and Blaisdell*, 1954), yang ukurannya ditunjukkan pada Gambar 6-5. Kelemahan besar kolam ini adalah bahwa pada bangunan ini semua benda yang mengapung dan melayang dapat tersangkut. Hal ini menyebabkan meluapnya kolam dan rusaknya blok-blok halang. Juga, pembuatan blok halang memerlukan beton tulangan.

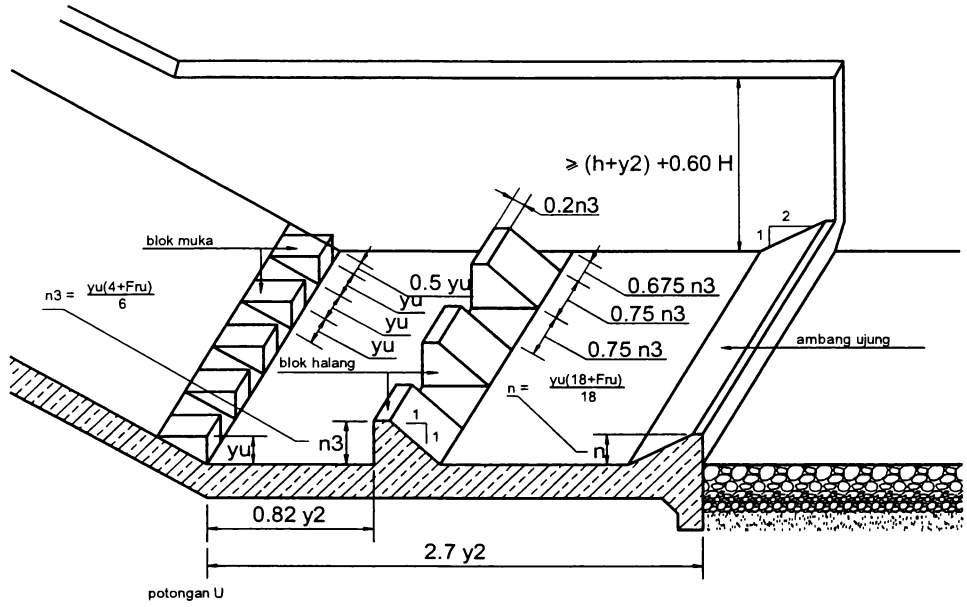


Gambar 6-5. Dimensi Kolam Olak Tipe Blok-Halang (*Bos, Reploge and Clemmens*, 1984)

6.4 Kolam Olak untuk Bilangan *Froude* > 4,5

Untuk bilangan-bilangan *Froude* diatas 4,5 loncatan airnya bisa mantap dan peredaman energi dapat dicapai dengan baik. Kolam olak USBR tipe III khusus dikembangkan untuk bilangan-bilangan itu. Pada Gambar 6-6. ditunjukan dimensi-dimensi dasar kolam olak USBR tipe III.

Apabila penggunaan blok halang dan blok muka tidak layak (karena bangunan itu dibuat dari pasangan batu) kolam harus direncana sebagai kolam loncat air dengan ambang ujung (lihat Subbab 6-2). Kolam ini akan menjadi panjang tetapi dangkal.

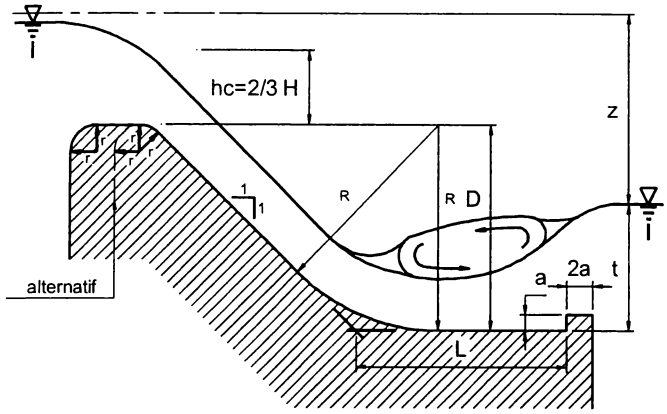


Gambar 6-6. Karakteristik Kolam Olak untuk Dipakai dengan Bilangan *Froude* diatas 4,5; Kolam USBR tipe III (*Bradley* dari *Peterka*. 1957)

6.5 Kolam *Vlugter*

Kolam olak pada Gambar 6-6. khusus dikembangkan untuk bangunan terjun disaluran irigasi. Batas-batas yang diberikan untuk z/hc 0,5; 2,0 dan 15,0 dihubungkan dengan bilangan *Froude* 1,0; 2,8 dan 12,8. Bilangan-bilangan *Froude* itu diambil pada kedalaman z dibawah tinggi energi hulu, bukan pada lantai kolam seperti untuk kolam loncat air.

Gambar 6-7. memberikan data-data perencanaan yang diperlukan untuk kolam *Vlugter*. Kolam *Vlugter* bisa dipakai sampai beda tinggi energi z tidak lebih dari 4,50 m dan atau dalam lantai ruang olak sampai mercu (D) tidak lebih dari 8 meter serta pertimbangan kondisi porositas tanah dilokasi bendung dalam rangka pekerjaan pengeringan.



$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

jika $0{,}5 < \frac{z}{h_c} \leq 2{,}0$:

$t = 2{,}4\ h_c + 0{,}4\ z$ .....(1)

jika $2{,}0 < \frac{z}{h_c} \leq 15{,}0$:

$t = 3{,}0\ h_c + 0{,}1\ z$ .....(2)

$a = 0{,}28\ h_c \sqrt{\frac{h_c}{z}}$ .....(3)

$D = R = L$ .....(4)

(dimensi dalam m)

Gambar 6-7. Kolam Olak Menurut *Vlugter*

6.6 Modifikasi Peredam Energi

Ada beberapa modifikasi peredam energi tipe *Vlugter, Schoklizt* yang telah dilakukan penelitiannya dan dapat digunakan dalam perencanaan, dengan mengacu RSNI T-04-2002 dapat digunakan antara lain adalah tipe-tipe MDO dan MDS.

Peredam energi tipe MDO terdiri dari lantai datar, di ujung hilir lantai dilengkapi dengan ambang hilir tipe gigi ompong dan dilengkapi dengan rip rap. Sedangkan Peredam energi tipe MDS terdiri dari lantai datar, di ujung hilir lantai dilengkapi dengan ambang hilir tipe gigi ompong ditambah dengan bantalan air dan dilengkapi dengan rip rap. Bantalan air yang dimaksud disini adalah ruang diatas lantai disediakan untuk lapisan air sebagai bantalan pencegah atau pengurangan daya bentur langsung batu gelundung terhadap lantai dasar peredam energi.

Sebelum mendesain tipe ini perlu ditentukan terlebih dahulu nilai parameter:

a) tipe mercu bangunan terjun harus bentuk bulat dengan satu atau dua jari-jari.
b) permukaan tubuh bangunan terjun bagian hilir dibuat miring dengan perbandingan kemiringan 1 m atau lebih tegak dari kemiringan 1:1.
c) tubuh bangunan terjun dan peredam energi harus dilapisi dengan lapisan tahan aus;

d) elevasi dasar sungai atau saluran di hilir tubuh bangunan terjun yang ditentukan, dengan memperhitungkan kemungkinan terjadinya degradasi dasar sungai;
e) elevasi muka air hilir bangunan terjun yang dihitung, berdasarkan elevasi dasar sungai dengan kemungkinan perubahan geometri badan sungai.

Selain parameter diatas kriteria desain yang disyaratkan yaitu:

a) tinggi air udik bangunan terjun dibatasi maksimum 4 meter;
b) tinggi pembangunan terjunan (dihitung dari elevasi mercu bangunan terjun sampai dengan elevasi dasar sungai di hilir) maksimum 10 meter;

dalam hal tinggi air udik bangunan terjun lebih dari 4 meter dan atau tinggi pembangunan terjunan lebih dari 10 meter tata cara peredam energi tipe MDO dan MDS ini masih dapat digunakan asalkan dimensinya perlu diuji dengan model test.

Penggunaan tipe MDO dan MDS dapat juga dimodifikasi dan dilakukan pengembangan pemakaiannya:

a). dimensi hidraulik peredam energi tipe MDO dapat diterapkan di hilir tubuh bangunan terjun dengan bidang miring lebih tegak dari perbandingan 1 : 1;
b). tubuh bangunan terjun dengan peredam energi tipe MDO dapat dilengkapi dengan pembilas sedimen tipe *undersluice* tanpa mengubah dimensi hidraulik peredam energi tipe MDO.

Data awal yang harus ditentukan terlebih dahulu adalah:

a). debit desain banjir dengan memperhitungkan tingkat keamanan bangunan air terhadap bahaya banjir;
b). debit desain penggerusan, dapat diambil sama dengan debit alur penuh;
c). lengkung debit sungai di hilir rencana bangunan terjun berdasarkan data geometri-hidrometri-hidraulik morfologi sungai.

Grafik-grafik yang dipakai dalam desain hidraulik bangunan terjun dengan kelengkapannya, meliputi:

a) grafik pengaliran melalui mercu bangunan terjun dapat dilihat dalam grafik MDO-1 pada lampiran A 1(RSNI T-04-2002).

b) grafik untuk mengetahui bahaya kavitasi di hilir mercu bangunan terjun dapat dilihat dalam grafik MDO-1a pada lampiran A 2 (RSNI T-04-2002).

c) grafik untuk menentukan dimensi peredam energi tipe MDO dan MDS dapat dilihat dalam grafik MDO-2 dan MDO-3 pada lampiran A 3 dan A 4 (RSNI T-04-2002).

Rumus-rumus yang digunakan dalam desain hidraulik ini meliputi:

1) debit desain persatuan lebar pelimpah:

- untuk bahaya banjir: $q_{df} = Q_{df}/B_p$ (01)

- untuk bahaya penggerusan: $q_{dp} = Q_{dp}/B_p$ (02)

2) dimensi radius mercu bangunan terjun = r : 1,00 m $\leq$ r $\leq$ 3,00 m (03)

3) tinggi dan elevasi muka air di udik bangunan terjun:

H_{udp} dan El_{udp}

H_{udf} dan El_{udf}

$El_{udp} = M + H_{udp}$, untuk penggerusan

$El_{udf} = M + H_{udf}$, untuk banjir

H_{udp} dan H_{udf} dihitung dengan grafik MDO-1 (04)

4) tinggi terjun:

- pada Q_{df} adalah $Z_{df} = H_{udf} - H_{idf}$ (05)

- pada Q_{dp} adalah $Z_{dp} = H_{udp} - H_{idp}$ (06)

H_{idf} dan H_{idp} diperoleh dari grafik lengkung debit saluran.

5) Parameterenergi (E) untuk menentukan dimensi hidraulik peredam energi tipe

MDO dan MDS dihitung dengan:

$$E_{dp} = q_{dp}/\left(g \times Z_{dp}{}^{3}\right)^{1/2} \quad (07)$$

6) kedalaman lantai peredam energi (Ds) dihitung dengan:

$$D_s = (D_s)\ (D_s/D_s) \quad (08)$$

D_s/D_s dicari dengan grafik MDO-2

7) panjang lantai dasar peredam energi (L_s) dihitung dengan:

$$L_s = (D_s)\ (L_s/D_s) \quad (09)$$

L_s/D_s dicari dengan grafik MDO-3

8) tinggi ambang hilir dihitung dengan:

$$a = (0{,}2 \text{ a } 0{,}3)\ D_s \quad (10)$$

9) lebar ambang hilir dihitung:

$$b = 2 \text{ x } a \quad (11)$$

10) Elevasi *Dekzerk* tembok pangkal bangunan terjun ditentukan dengan:

$E_iD_{zu} = M + H_{udf} + Fb$; untuk tembok pangkal udik (12)

$E_iD_{zi} = M + H_{idf} + Fb$; untuk tembok pangkal hilir (13)

F_b diambil: 1,00 meter $\leq F_b \leq$ 1,50 meter

11) Ujung tembok pangkal bangunan terjun tegak ke arah hilir (L_{pi}) ditempatkan lebih kurang ditengah-tengah panjang lantai peredam energi:

$$L_{pi} = L_p + \tfrac{1}{2} L_s \quad (14)$$

12) Panjang tembok sayap hilir (L_{si}) dihitung dari ujung hilir lantai peredam energi diambil:

$L_s \leq L_{si} \leq 1{,}5\ L_s$

Tebing sungai yang tidak jauh dari tepi sisi lantai peredam energi maka ujung hilir tembok sayap hilir dilengkungkan masuk kedalam tebing sungai. Dan bagi tebing sungai yang jauh dari tepi sisi lantai peredam energi maka ujung tembok sayap hilir dilengkungkan balik ke udik sehingga tembok sayap hilir berfungsi sebagai tembok pengarah arus hilir bangunan terjun. Bentuk ini dapat diperhatikan pada contoh gambar dalam lampiran D2.

13) Panjang tembok pangkal bangunan terjun di bagian udik (L_{pu}) bagian yang tegak dihitung dari sumbu mercu bangunan terjun:

$$0{,}5\ L_s \leq L_{pu} \leq L_s \qquad (15)$$

14) Panjang tembok sayap udik ditentukan:

- bagi tebing saluran yang tidak jauh dari sisi tembok pangkal bangunan terjun, ujung tembok sayap udik dilengkungkan masuk ke tebing dengan panjang total tembok pangkal bangunan terjun ditambah sayap udik:

$$0{,}50\ L_s \leq L_{su} \leq 1{,}50\ L_s \qquad (16)$$

- bagi tebing saluran yang jauh dari sisi tembok pangkal bangunan terjun atau palung sungai di udik bangunan terjun yang relatif jauh lebih lebar dibandingkan dengan lebar pelimpah bangunan terjun maka tembok sayap udik perlu diperpanjang dengan tembok pengarah arus yang penjangnya diambil minimum:

$$2 \text{ x } Lp \qquad (17)$$

15) kedalaman bantalan air pada tipe MDS ditentukan:

$S = D_s$ + (1,00 m sampai dengan 2,00 m)

Dengan:

Q_{df} = debit desain untuk bahaya banjir (m^3/s)

Q_{dp} = debit desain untuk bahaya penggerusan (m^3/s)

B_p = lebar pelimpah (m)

q_{df} = Q_{df}/B_p ($m^3/s/m'$)

q_{dp} = Q_{dp}/B_p ($m^3/s/m'$)

D_2 = tinggi muka air sungai di hilir bangunan terjun dengan dasar saluran terdegradasi (m)

r = radius mercu bangunan terjun diambil antara 1,00 meter sampai dengan 3,00 meter

H_{udf} = tinggi air diatas mercu bangunan terjun pada debit desain banjir (m)

H_{udp} = tinggi air diatas mercu bangunan terjun pada debit desain penggerusan (m)

H_{idp} = tinggi air dihilir bangunan terjun pada debit desain penggerusan (m)

H_{idf} = tinggi air dihilir bangunan terjun pada debit desain banjir (m)

Z_{df} = perbedaan elevasi muka air udik dan hilir pada debit desain banjir (m)

Z_{dp} = perbedaan elevasi muka air udik dan hilir pada debit desain penggerusan (m)

D_{zu} = elevasi *dekzerk* tembok pangkal bangunan terjun bagian udik (m)

D_{zi} = elevasi *dekzerk* tembok pangkal bangunan terjun bagian hilir (m)

F_b = tinggi jagaan diambil antara 1,00 meter s/d 1,50 meter

E = parameter tidak berdimensi

L_s = panjang lantai peredam energi

L_b = jarak sumbu mercu bangunan terjun sampai perpotongan bidang miring dengan lantai dasar bangunan terjun (m)

L_{pi} = panjang tembok sayap hilir dari ujung hilir lantai peredam energi ke hilir (m)

S = kedalaman bantalan air peredam energi tipe MDS (m)

L_{pu} = panjang tembok pangkal udik bangunan terjun dari sumbu mercu bangunan terjun ke udik (m)

L_{su} = panjang tembok sayap udik (m)

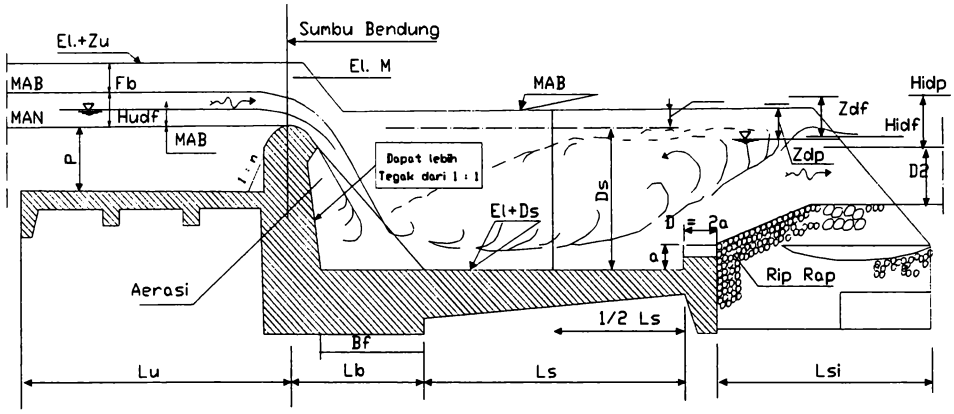
L_{pa} = panjang tembok pengarah arus di udik tembok sayap udik (m)

g = percepatan/gravitasi ($\approx 9{,}8$ m/dt^2)

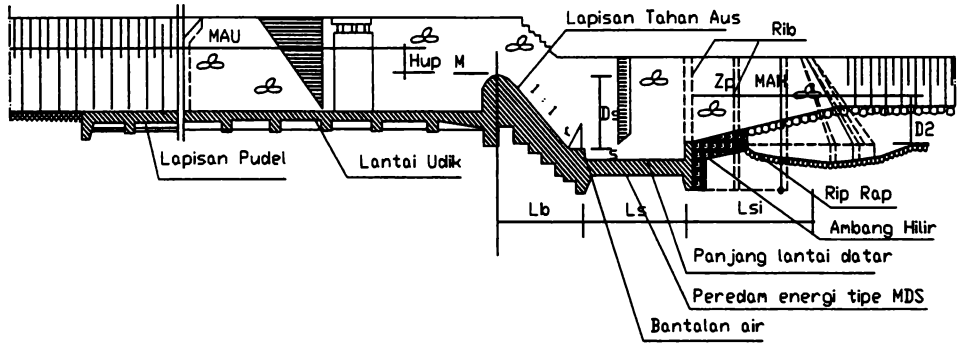
Perhitungan dan penentuan dimensi hidraulik tubuh bangunan terjun dan peredam energinya dengan langkah sebagai berikut:

1) hitung debit desain untuk bahaya banjir dan untuk bahaya penggerusan;
2) hitung lebar pelimpah bangunan terjun efektif;
3) hitung debit desain persatuan lebar pelimpah;
4) tentukan nilai radius mercu bangunan terjun, r;
5) untuk nilai radius mercu bangunan terjun tersebut; periksa kavitasi di bidang hilir tubuh bangunan terjun dengan bantuan grafik MDO 1a, jika tekanan berada di daerah positif pemilihan radius mercu bangunan terjun; diijinkan;
6) jika tekanan berada di daerah negatif, tentukan nilai radius mercu bangunan terjun yang lebih besar dan ulangi pemeriksaan kavitasi sehingga tekanan berada di daerah positif;
7) hitung elevasi muka air udik bangunan terjun dengan bantuan grafik MDO-1;
8) hitung tinggi terjun bangunan terjun, Z;
9) hitung parameter tidak berdimensi, E;
10) hitung kedalaman lantai peredam energi,Ds;
11) hitung nilai panjang lantai datar, Ls;
12) tentukan tinggi bantalan air, S, untuk peredam energi tipe MDS;
13) tetepkan tinggi ambang hilir dan lebarnya, a dan b;
14) tentukan tata letak, elevasi puncak, panjang, kemiringan dan kedalaman tembok pangkal bangunan terjun;
15) tentukan tata letak, elevasi puncak, panjang, kemiringan dan kedalaman tembok sayap hilir;
16) tentukan tata letak, elevasi puncak, panjang, kemiringan dan kedalaman tembok sayap udik;
17) tentukan tata letak, elevasi puncak, panjang, kemiringan dan kedalaman tembok pengarah arus;

lengkapi kaki-kaki tembok sayap hilir dan di hilir ambang hilir peredam energi dengan rip rap.

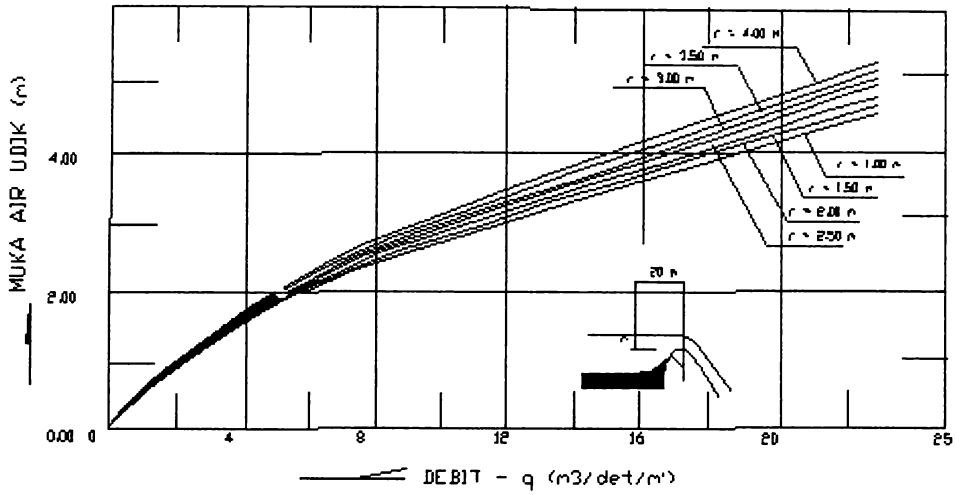


Gambar 6-8. Potongan Memanjang Bangunan Terjun Tetap dengan Peredam Energi Tipe MDO

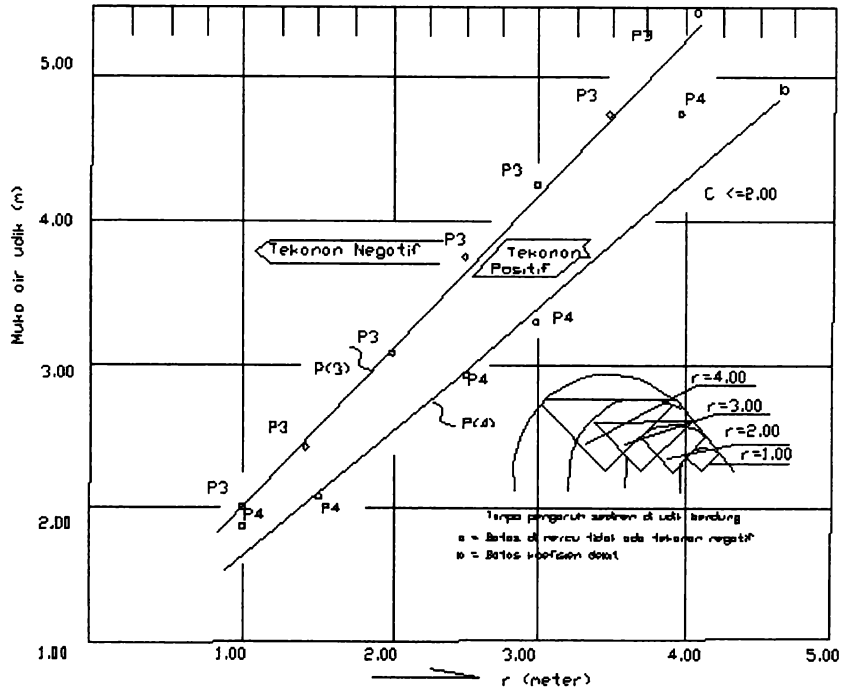


Gambar 6-9. Potongan Memanjang Bangunan Terjun Tetap dengan Peredam Energi Tipe MDS

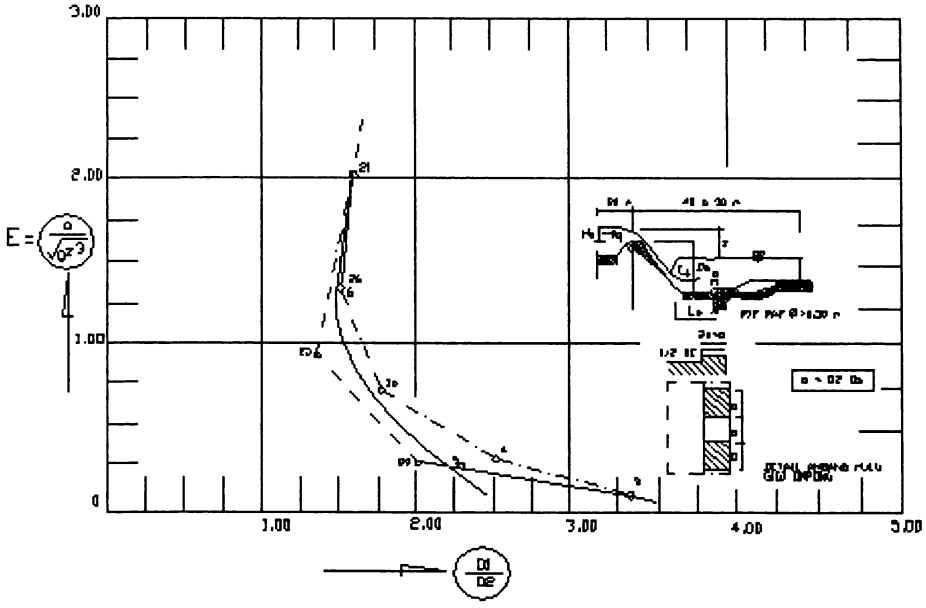
Untuk grafik-grafik yang dipakai akan diberikan pada gambar berikut:



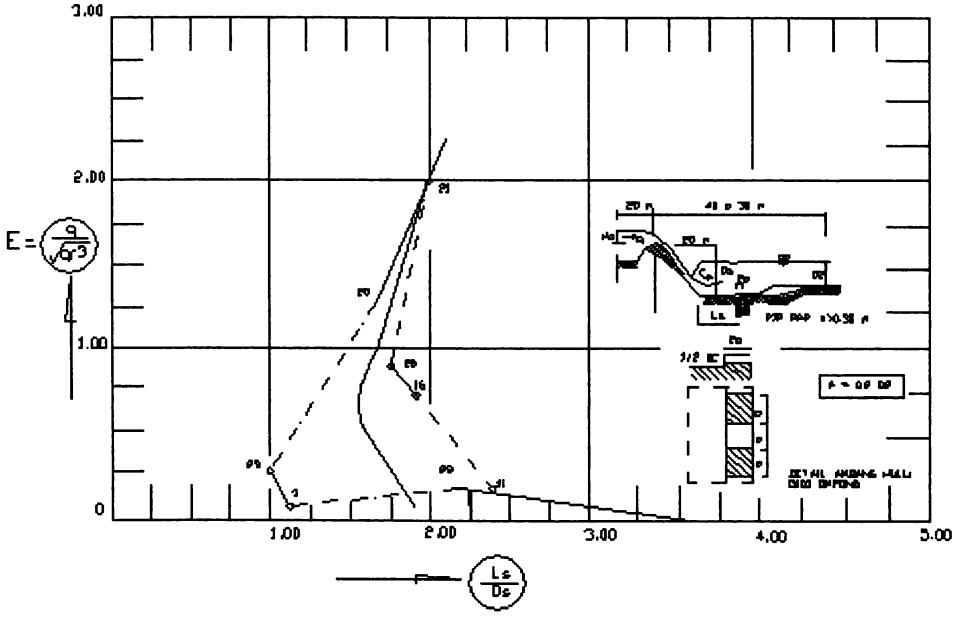
Gambar 6-10. Grafik MDO – 1 Pengaliran Melalui Mercu Bangunan Terjun



Gambar 6-11. Grafik MDO – 1a Penentuan Bahaya Kavitasi
Di Hilir Mercu Bangunan Terjun



Gambar 6-12. Grafik MDO – 2 Penentuan Kedalaman Lantai Peredam Energi



Gambar 6-13. Grafik MDO – 3 Penentuan Panjang Lantai Peredam Energi

6.7 Lindungan dari Pasangan Batu Kosong

Untuk mencegah terjadinya penggerusan saluran disebelah hilir bangunan peredam energi, saluran sebaiknya dilindungi dengan pasangan batu kosong atau lining. Panjang lindungan harus dibuat sebagai berikut:

(1) tidak kurang dari 4 kali kedalaman normal maksimum di saluran hilir,

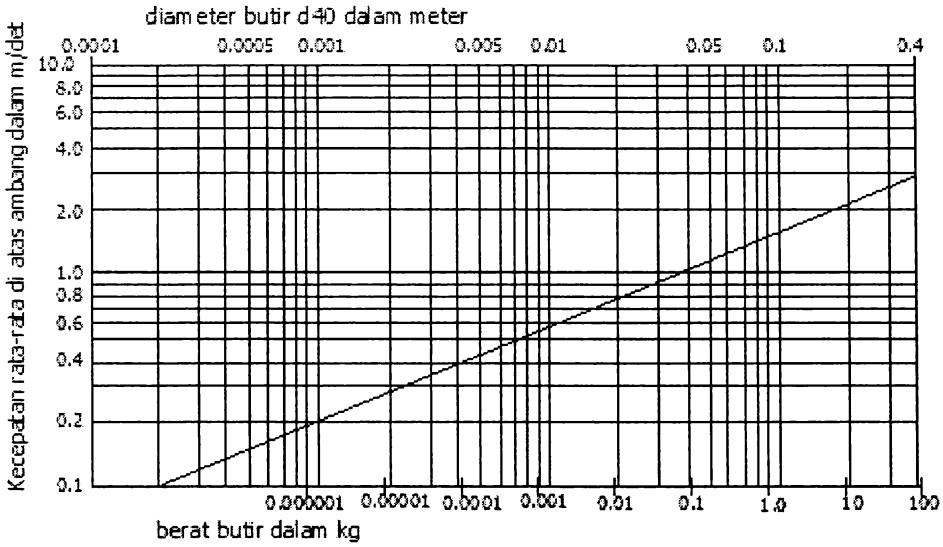
(2) tidak lebih pendek dari peralihan tanah yang terletak antara bangunan dan saluran,

(3) tidak kurang dari 1,50 m.

Jika dipakai pasangan batu kosong, maka diameter batu yang akan dipakai uttuk pasangan ini dapat ditentukan dengan menggunakan Gambar 6-7. Gambar ini dapat dimasukkan dengan kecepatan rata-rata diatas ambang kolam. Jika kolam olak tidak diperlukan karena $Fr_u \leq 1{,}7$, maka Gambar 6-14. harus menggunakan kecepatan benturan (*impact velocity*) v_u :

$$v_u = \sqrt{2g\Delta Z} \quad \text{.....6-8}$$

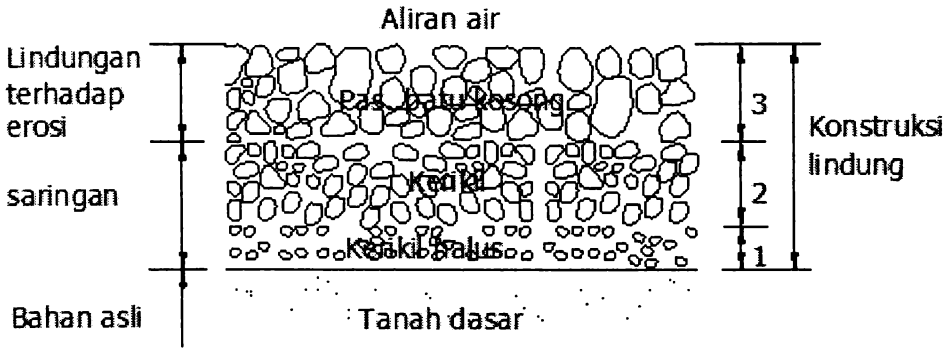
Gambar 6-14. memberikan ukuran d40 campuran pasangan batu kosong. Ini berarti bahwa 60% dari pasangan batu tersebut harus terdiri campuran dari batu-batu yang berukuran sama, atau lebih besar.



Gambar 6-14. Hubungan Antara Keceparan Rata-Rata diatas Ambang Ujung Bangunan dan Ukuran Butir Yang Stabil (*Bos*, 1978)

6.7.1 Perencanaan Filter

Semua pasangan batu kosong harus ditempatkan pada filter untuk mencegah hilangnya bahan dasar yang halus. Filter terdiri dari lapisan-lapisan bahan khusus seperti ditunjukkan pada Gambar 6-15., atau dapat juga dibuat dari ijuk atau kain sintetis.



Gambar 6-15. Contoh Filter Diantara Batu Kosong dan Bahan Asli (Tanah Dasar)

Lapisan filter sebaiknya direncana menurut aturan-aturan berikut :

(1) Permeablitas (USBR,1973):

$$\frac{d_{15}\text{lapisan 3}}{d_{15}\text{lapisan 2}} \text{dan} \frac{d_{15}\text{lapisan 2}}{d_{15}\text{lapisan 1}} \text{dan} \frac{d_{15}\text{lapisan 1}}{d_{15}\text{lapisan dasar}} = 5 \text{ sampai } 40$$

Nilai banding 5-40 dapat dirinci lagi menjadi (*Bendegom*, 1969):

1. Butir bulat homogen (kerikil) = 5 - 10
2. Butir bersudut runcing (pecahan kerikil, batu) = 6 - 20
3. Butir halus = 2 - 40

Untuk mencegah tersumbatnya saringan, $d_5 \geq 0{,}75$ mm

(2) Kemantapan/stabilitas, nilai banding d_{15}/d_{85} (*Bertram*, 1940)

$$\frac{d_{15}\text{lapisan 3}}{d_{15}\text{lapisan 2}} \text{dan} \frac{d_{15}\text{lapisan 2}}{d_{15}\text{lapisan 1}} \text{dan} \frac{d_{15}\text{lapisan 1}}{d_{15}\text{lapisan dasar}} = 5 \text{ sampai } 40$$

Kemantapan, nilai banding d_{50}/d_{50} (*US Army Corps of Engineers*, 1955)

$$\frac{d_{50}\text{lapisan 3}}{d_{50}\text{lapisan 2}} \text{dan} \frac{d_{50}\text{lapisan 2}}{d_{50}\text{lapisan 1}} \text{dan} \frac{d_{50}\text{lapisan 1}}{d_{50}\text{lapisan dasar}} = 5 \text{ sampai } 10$$

dengan

a) Butir bulat homogen (kerikil) = 5 – 10
b) Butir bersudut runcing homogen (pecahan, kerikil,batu) = 10 – 30
c) Butir halus = 12 – 60

Untuk mencegah agar filter tidak tersumbat, $d_5 \geq 0{,}75$ mm untuk semua lapisan filter.

Ketebalan-ketebalan berikut harus dianggap minimum untuk sebuah konstruksi filter yaang dibuat pada kondisi kering:

1. Pasir, kerikil halus 0,05 sampai 0,10

2. Kerikil 0,10 sampai 0,20
3. Batu 1,5 sampai diameter batu yang terbesar

Pemilihan filter harus diputuskan oleh pihak yang berwenang dengan berdasarkan pertimbangan:

-kekuatan
-kemampuan menahan air
-kemampuan menahan butiran
-ketahanan/keawetan
-kemudahan pemasangan

BAB VII
BANGUNAN LINDUNG

7.1 Umum

Kelompok bangunan ini dipakai untuk melindungi saluran dan bangunan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh jumlah air yang berlebihan. Lindungan ini bisa dicapai dengan beberapa tipe bangunan yang memerlukan persyaratan yang berbeda-beda.

(1) Saluran pelimpah (*overflow spillway*), bangunan yang relatif murah, dibangun di tanggul saluran untuk membuang air lebih.

(2) Sipon pelimpah (*siphon spillway*) memiliki kapasitas yang besar untuk besaran muka air yang cukup konstan.

(3) Pintu otomatis mempertahankan tinggi muka air tetap untuk debit yang bervariasi.

(4) Bangunan pembuang silang untuk mengalirkan air buangan dengan aman lewat diatas, dibawah atau ke dalam saluran.

Bangunan pelimpah harus direncana untuk tinggi muka air maksimum tertentu di saluran yang akan dilindungi, ditambah dengan debit maksimum yang dapat dilimpahkan. Tinggi muka air yang merupakan dasar kerja bangunan pelimpah adalah faktor yang sudah tertentu di dalam perencanaan.

Kapasitas bangunan pelimpah harus cukup untuk mengalirkan seluruh air lebih yang berasal dari banjir atau kesalahan eksploitasi tanpa menyebabkan naiknya tinggi muka air di saluran yang akan membahayakan tanggul (meluap).

Kapasitas bangunan saluran dibatasi sampai sekitar 120% dari debit rencana. Debit rencana untuk bangunan pelimpah harus diperhitungkan dengan hati-hati berdasarkan keadaan di lapangan. Keadaan-keadaan darurat yang mungkin timbul harus dianalisis

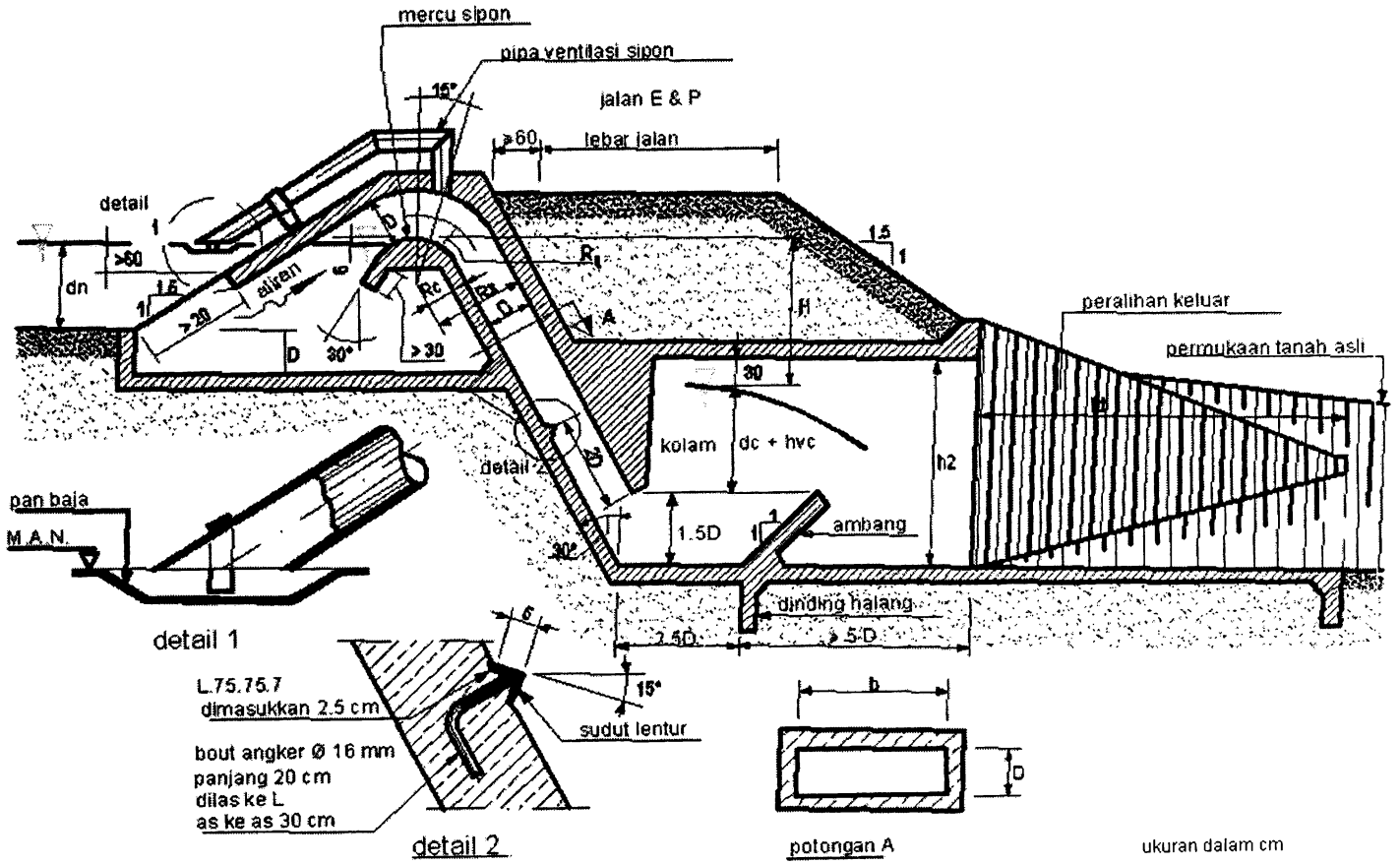
dan akibat-akibat tidak berfungsinya bangunan dan peluapan harus pula ditinjau. Debit rencana harus sebesar 50% dari kapasitas maksimum bangunan di sebelah hilir pelimpah tersebut. Jika bangunan dapat sepenuhnya diblokir, sebaiknya debit rencananya diambil 120% dari Q rencana.

Bangunan penguras (*wasteway*) dipakai untuk mengosongkan seluruh ruas saluran, bilamana hal ini diperlukan. Kadang-kadang untuk menghemat biaya, bangunan ini digabung dengan bangunan pelimpah. Pada umumnya bangunan penguras berupa pintu yang dioperasikan dengan tangan, sedangkan bangunan pelimpah bekerja otomatis, digerakkan oleh tinggi muka air.

7.2 Saluran Pelimpah

Bangunan pelimpah ini dapat dengan relatif mudah dibuat ada dua jenis di tepi saluran dan selanjutnya disebut pelimpah samping. Bila bangunan ini dibuat di tengah saluran, kemudian dikombinasi dengan bangunan pembuang silang, maka bangunan ini disebut pelimpah corong/*morning glory spillway* (Gambar 7-1.).

Saluran pelimpah akan menguntungkan sekali jika jumlah air yang ada dilimpahkan tidak diketahui dengan pasti, karena pertambahan tinggi energi yang kecil saja diatas mercu panjang saluran pelimpah akan sangat memperbesar kapasitas debit.



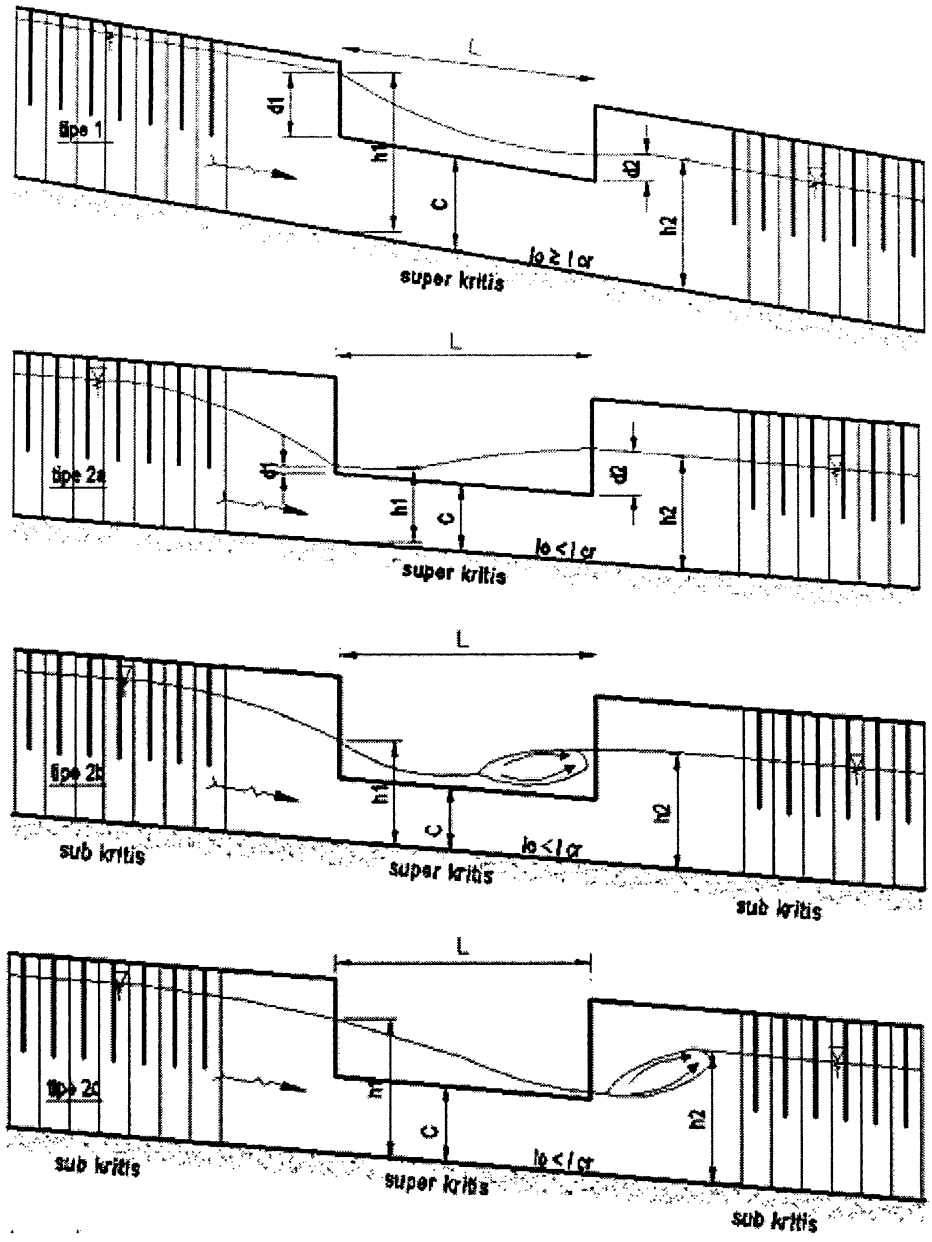
Gambar 7-1. Pelimpah Corong dan Pembuang

7.2.1 Perencanaan Panjang Pelimpah Saluran

Debit di saluran pelimpah samping tidak seragam dan oleh karena itu, persamaan kontinyuitas untuk aliran mantap yang kontinyu (terus menerus) tidak berlaku. Jenis aliran demikian disebut "aliran tak tetap berubah berangsur" (*gradually varied flow*). Pada dasarnya aliran dengan debit yang menurun dapat dianggap sebagai cabang aliran dimana air yang dibelokkan tidak mempengaruhi tinggi energi. Hal ini telah dibuktikan kebenarannya baik dengan teori maupun eksperimen.

Bergantung kepada kondisi aliran di atau dekat lubang/pintu masuk pelimpah, ada empat jenis aliran (*Schmidt*, 1954) seperti yang diperlihatkan pada Gambar 7-2.

Ada dua metode perencanaan pelimpah samping yang umum digunakan, yaitu: metode bilangan dan metode grafik. Keduanya akan dijelaskan dibawah ini.



Legenda:

lo = kemiringan dasar saluran
lcr = kemiringan kritis
h1 = kedalaman air dekat ujung hulu
h2 = kedalaman air dekat ujung hilir
c = tinggi mercu diatas dasar
d1 = kedalaman diatas mercu hulu
d2 = kedalaman diatas mercu hilir

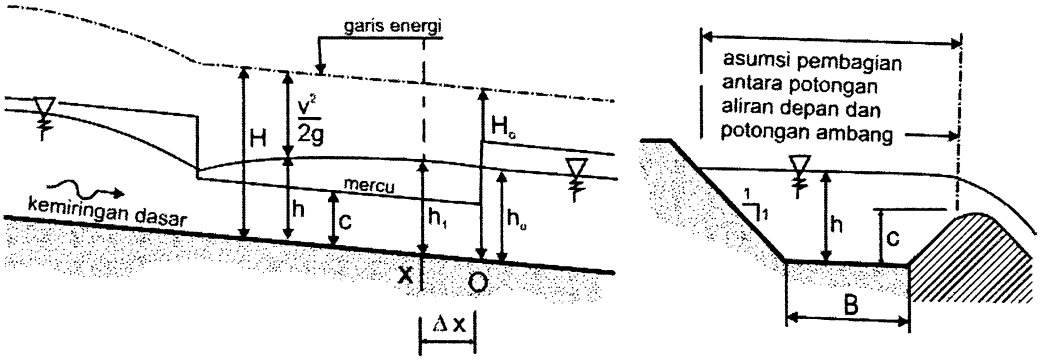
Gambar 7-2. Profil-Profil Aliran Disepanjang Pelimpah Samping

7.2.2 Metode Bilangan

Metode ini didasarkan pada pemecahan masalah secara analitis yang diberikan oleh *De Marchi* diberikan oleh *De Marchi* (lihat Gambar 7-3.).

Dengan mengandaikan bahwa aliran adalah subkritis, panjang bangunan pelimpah dapat dihitung sebagai berikut:

(1) Di dekat ujung bangunan pelimpah, kedalaman aliran h_o dan debit Q_o sama dengan kedalaman dan debit potongan saluran di belakang pelimpah. Dengan $H_o = h_o + v_o^2/2g$ tinggi energi di ujung pelimpah dapat dihitung.



Gambar 7-3. Sketsa Definisi untuk Saluran dengan Pelimpah Samping

(2) Pada jarak Δx di ujung hulu dan hilir bangunan pelimpah tinggi energi juga H_o, karena sudah diandaikan bahwa tinggi energi di sepanjang pelimpah adalah konstan.

$$H_x = h_x + V_x^2/2g = h_x + Q_x^2/2g\,A_x^2 \quad \text{.....7-1}$$

dimana Q_x adalah debit Q_o potongan hilir ditambah debit qx, yang mengalir pada potongan pelimpah dengan panjang Δx.

$$q_x = \mu\,\Delta x\sqrt{2g}\,\frac{(h_o-c)+(h_x-c)^{3/2}}{2} \quad \text{..... 7-2}$$

Andaikan,

$h_o = h_x$ menghasilkan $qx = \mu \Delta x\sqrt{2g}(h_o - c)^{3/2}$ 7-3

dan $Q_x = Q_o + q$ 7-4

Dengan Q_x ini kedalaman H_x dapat dihitung dari

$H_x=H_x - Q_x^2/2g\ A_x^2$ 7-5

Koefisien debit μ untuk mercu pelimpah harus diambil 5% lebih kecil daripada koefisien serupa untuk mercu yang tegak lurus terhadap aliran.

(3) Setelah H_x dan Q_x ditentukan, kedalaman air h_{2x} dan debit Q_{2x} akan dihitung untuk suatu potongan pada jarak $2\Delta x$ di depan ujung pelimpah dengan cara yang sama seperti yang dijelaskan pada no (2). Q_o dan h_o harus digantikan dengan Q_x dan h_x ; dalam langkah kedua ini Q_x dan h_x menjadi Q_{2x}, q_{2x} dan h_{2x}.

Perhitungan-perhitungan ini harus diteruskan sampai Q_{nx} sama dengan debit banjir rencana potongan saluran dibagian hulu bangunan pelimpah samping. Panjang pelimpah adalah $n\Delta x$ dan jumlah air lebih yang akan dilimpahkan adalah $Q_{nx} - Q_o$.

7.2.3 Catatan

Perhitungan yang diuraikan diatas hanya berlaku untuk kondisi aliran subkritis sepanjang pelimpah samping. Untuk kondisi aliran superkritis, perhitungan harus dimulai dari ujung hulu pelimpah, menurun ke arah hilir.

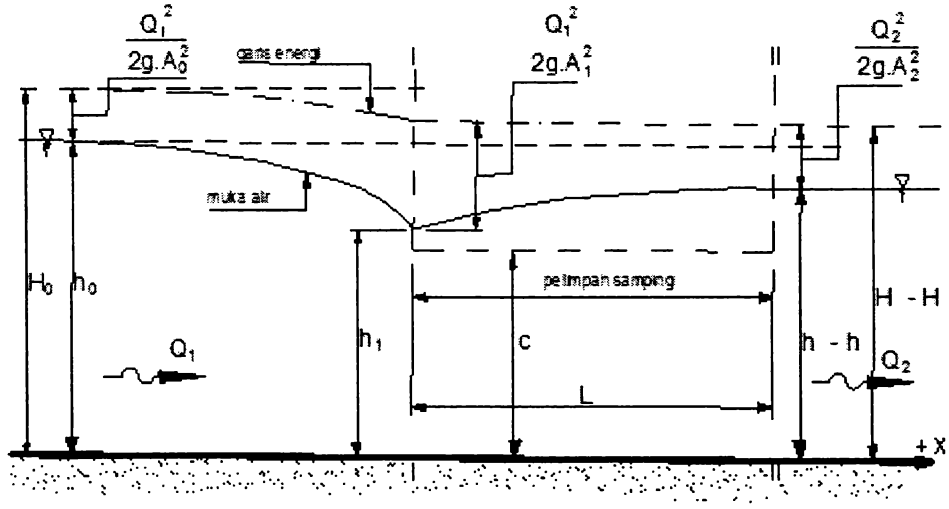
Kondisi aliran superkritis tidak diizinkan dalam saluran pembawa dan pembuang yang rawan erosi. Kemiringan dasar saluran sebaiknya sedang-sedang saja dan lebih kecil dari kemiringan kritis. Kemiringan yang lebih besar daripada kemiringan kritis akan menimbulkan aliran yang lebih cepat dari superkritis. Bahkan pada kemiringan yang lebih kecil dari kemiringan kritis, aliran superkritis pun dapat terjadi di sepanjang pelimpah samping, yaitu apabila air yang diambil dari saluran terlalu banyak, atau apabila mercu pelimpahnya rendah ($c \leq 2/3$ H).

Metode diatas dapat diterapkan hanya apabila perbedaan antara tinggi energi pada pangkal dan ujung pelimpah tidak terlalu besar. Kalau tidak, maka pengandaian tinggi energi konstan di sepanjang pelimpah tidak sahih/valid.

7.2.4 Metode Grafik

Metode ini sudah diuraikan dalam *'De Ingenieur in Ned. Indie'* (1937, 12) untuk potongan-potongan melintang saluran segi empat dan prisma. Metode ini bisa dipakai baik untuk kondisi aliran subkritis maupun superkritis (lihat Gambar 7-4. dan Gambar 7-5.) dan didasarkan pada rumus *De Marchi*.

Untuk subkritis dan tinggi mercu pelimpah diatas 2/3 dari tinggi energi di saluran, metode grafik ini juga mulai dari ujung hilir bangunan pelimpah.



Gambar 7-4. Muka Air Di Saluran Disepanjang Pelimpah Samping untuk Aliran Subkritis

Ada dua grafik yang harus dibuat dan diplot (lihat Gambar 7-5).

$$Q = \Psi(h) = A\sqrt{2g(H_3 - h)} \quad \text{.....7-6}$$

dimana :

H_3 = tinggi energi di ujung pelimpah (potongan melintang II – II); tinggi energi diandaikan konstan di sepanjang pelimpah

A = luas potongan melintang basah saluran untuk kedalaman air h.

$$Q = f(h) = AC\sqrt{RI} \text{ atau } k\,A\,R^{2/3}I^{1/2} \quad \text{..... 7-7}$$

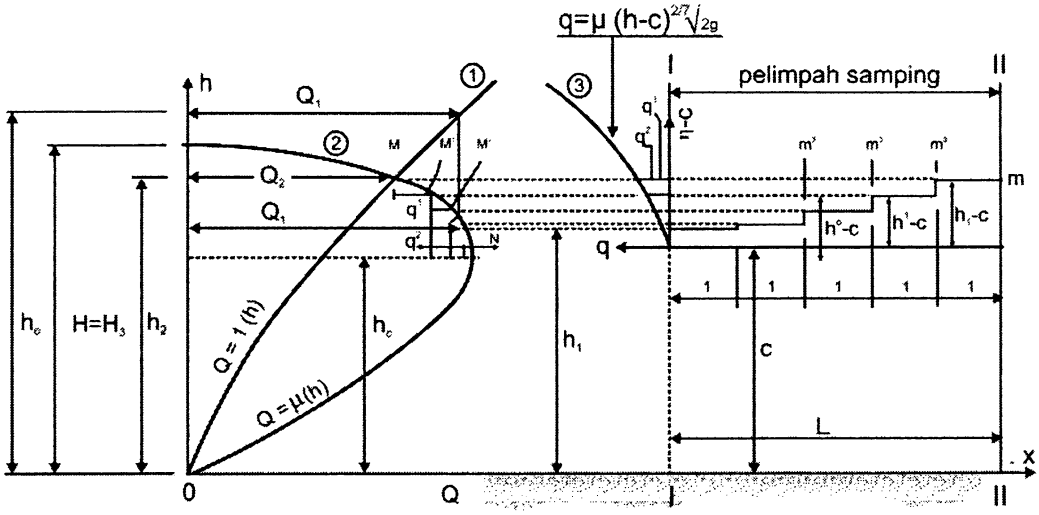
yaitu lengkung debit saluran dan dimana:

C = koefisien *Chezy* = $k\,R^{1/6}$

K = koefisien kekasaran *Strickler*, $m^{1/3}/dt$

R = jari-jari hidrolis, m

I = kemiringan saluran



Gambar 7-5. Dimensi Pelimpah Samping dengan Metode Grafik

Titik potong/interseksi kedua grafik memberikan kedalaman air di ujung pelimpah samping (Bagian II - II).

Grafik ketiga yang harus diplot pada Gambar 7-5. adalah persamaan debit untuk aliran pada pelimpah samping:

$$q = \mu (h - c)^{3/2} \sqrt{2g} \quad \text{.....7-8}$$

Dimana :

q = debit persatuan panjang, $m^3/dt.m$

μ = koefisien debit (95% dari koefisien untuk pelimpah tegak)

c = tinggi mercu diatas dasar saluran, m

h = kedalaman air disaluran, m

g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx 9{,}8 m/dt^2$)

Urutan grafiknya adalah sebagai berikut:

(1) Untuk kedalaman air h_2 dibagian ujung, debit q' dapat dibaca pada grafik untuk ($h_2 - c$). Gambar ini menyajikan debit hingga meter terakhir pada pelimpah.

(2) Debit Q', pada potongan 1 m didepan pelimpah, adalah Q'+ q'. Dalam grafik tersebut $Q = \psi (h)$,

(3)

(4) untuk Q' harga h' dapat dibaca.

(5) Untuk kedalaman air h' ini debit q" bisa dicari pada grafik untuk q, dengan (h'– c). Pada grafik itu q" adalah aliran dua meter pada ujung pelimpah.

(6) Dengan q" ini, Q" dapat dicari, dst.

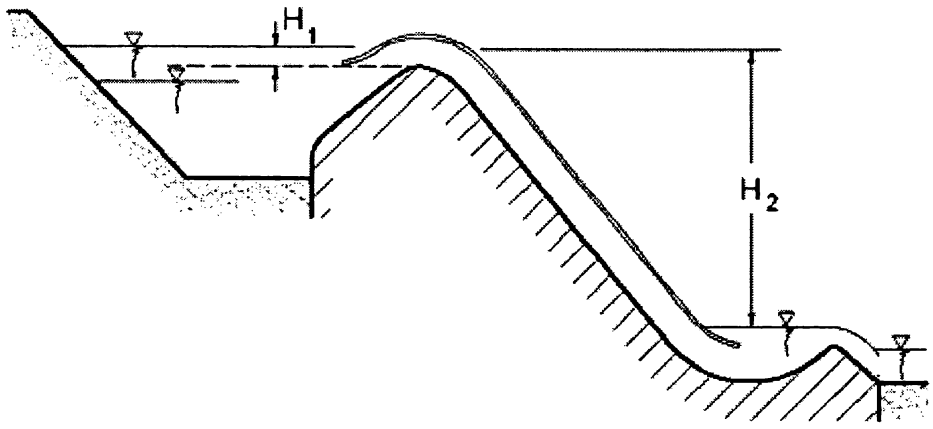
Panjang pelimpah dapat ditemukan bila titik N pada grafik $Q = \psi(h)$ bisa dicapai (lihat Gambar 7-5). Titik N berhubungan dengan titik Q_1 dan merupakan debit banjir di saluran di hulu pelimpah (lihat Gambar 7-4).

Bila air mengalir dibawah kondisi superkritis disepanjang pelimpah samping, maka metode ini dapat dipakai dengan memulainya dari ujung hulu pelimpah.

7.3 Sipon Pelimpah

Sipon adalah saluran tertutup yang didalamnya, air mengalir dari saluran atau kolam lain yang lebih rendah dan diantara kedua ketinggian ini titik yang lebih tinggi harus dilalui. Di dalam saluran tersebut air akan mengalir berlawanan dengan gaya gravitasi ke suatu titik dimana tinggi tekan lebih rendah daripada tekanan atmosfir (lihat Gambar 7-6).

Kenyataan bahwa sipon bekerja di lingkungan sub atmosfir berarti bahwa konstruksi pipa sipon harus kedap udara dan cukup kuat agar tidak retak.



Gambar 7-6. Sipon Pelimpah

7.3.1 Penentuan Dimensi

(a) Metode pertama

Pada waktu sipon mengalir penuh, ukurannya dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q = \mu A\sqrt{2 g H} \quad \text{.....} \quad 7\text{-}9$$

Dimana:

Q = debit, m^3/dt

μ = koefisien dimana semua kehilangan energi dimasukkan

A = luas pipa, m^2

H = kehilangan energi pada sipon (H_2 pada Gambar 7-6.), m

g = percepatan gravitasi, m/dt^2 ($\approx 9{,}8 m/dt^2$)

Jika kehilangan-kehilangan akibat gesekan (α) dan tikungan (β) diberikan sebagai faktor ini akan menghasilkan:

$$H = \frac{Q^2}{2g\mu^2A^2} = \frac{v^2}{2g}(1 + \alpha + \beta) \quad \text{.....7-10}$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{(1+\alpha+\beta)}} \quad \text{.....7-11}$$

Kemiringan garis energi akibat gesekan adalah

$$I = \frac{v^2}{k^2R^{4/3}} \quad \text{.....7-12}$$

Dimana :

k = koefisien kekasaran *Strickler/Manning*, $m^{1/3}/dt$

R= jari-jari hidrolis, m

Dengan $\alpha = \frac{v^2}{2g} = I.L$

Menghasilkan:

$$\alpha = I.L\frac{2g}{v^2} = \frac{2g\,L}{k^2R^{4/3}} \quad \text{.....7-13}$$

Untuk perkiraan pertama:

α = 0,20

β = 0,10

Ini menghasilkan μ= 0,88

(b) Metode kedua

Kemungkinan cara eksploitasi terbaik untuk debit yang berubah-ubah, didasarkan

pada pemakaian hubungan berikut (lihat *Valembois*, 1962) :

$\lambda = 1{,}4$

Dimana:

$\lambda = 1 + L/R_o = R_a = R_a/R_o$

L = tinggi bukaan pipa, m

R_o = jari-jari mercu, m

R_a = jari-jari tudung,m

$$R_o = \frac{q}{\sqrt{2\,g\,H_o\,\ln\lambda}} \quad \text{.....7-14}$$

dimana:

q = debit rencana untuk sipon, m^3/dt.m

H_o= tekanan sub-atmosfir pada mercu, m

Dalam hal ini perencanaan didasarkan pada gradien tekanan (*pressure, gradient*) pada lebar sipon yang semakin besar ke arah atas (dari mercu ke tudung). Keuntungan dari gradien tekanan semacam ini adalah bahwa gelembung udara akan dipaksa turun dan oleh sebab itu tidak sampai terkumpul di bagian atas sipon. Ini akan memperlancar cara kerja sipon.

Contoh (lihat Gambar 7-7.)

Debit rencana : $q = 7{,}2\ m^3$/dt.m

$H_o = 8{,}5$ m

Pemecahan:

pengopersian yang terbaik untuk $\lambda = 1{,}4$ atau $\ln\lambda = 0{,}3365$

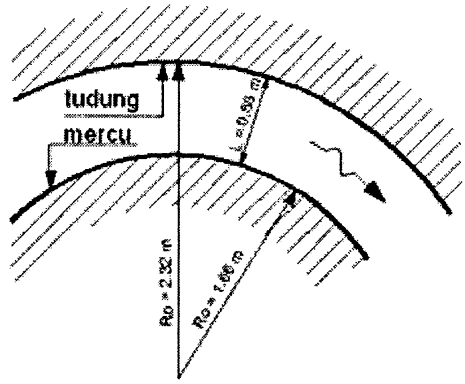
$R_o = \frac{q}{\sqrt{2gH_o}} \ln\lambda = 1{,}66$ $\qquad$ $H_o/R_o = 5{,}13$

$\lambda = R_a/R_o$ $\qquad$ $R_a = 2{,}32$ m

$L = 2{,}32 - 1{,}66 = 0{,}66$ m

7.3.2 Kavitasi

Karena tinggi energi di bagian atas sipon lebih rendah dari tekanan atmostif, kavitasi bangunan harus dicek.



Gambar 7-7. Jari-Jari Mercu

Debit maksimum yang diizinkan melewati potongan mercu sipon adalah (menurut *Valembois*, 1962):

$$q_{max} = 0{,}522\sqrt{2g\,H_o{}^{3/2}} \quad \text{.....7-15}$$

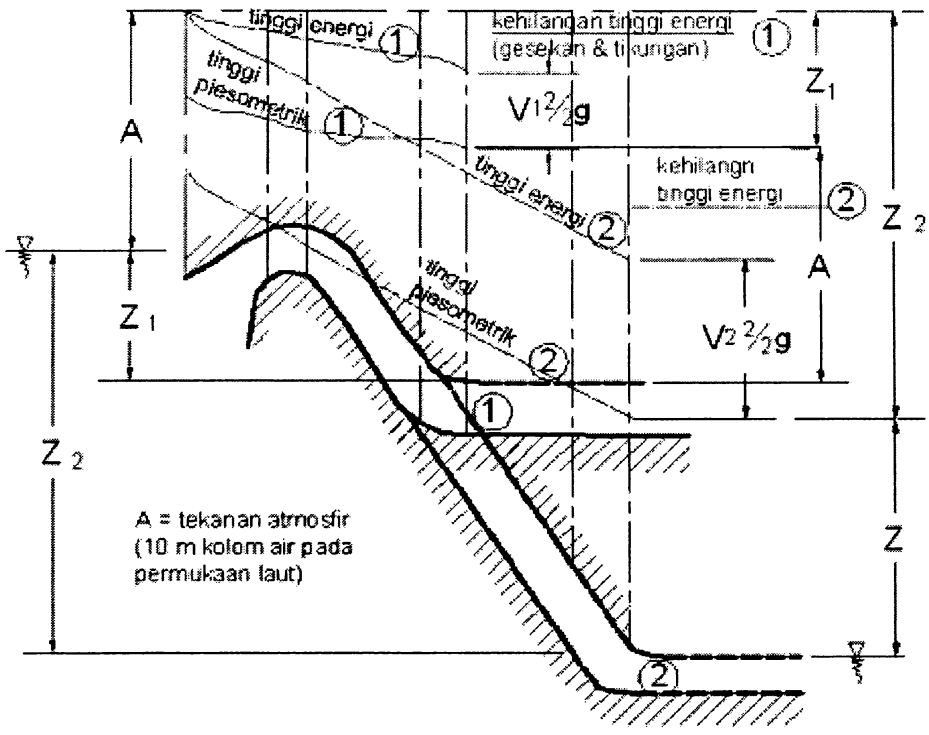
dimana H_o adalah tekanan subatmosfir minimum dalam (m) tekanan air.

Untuk beda tinggi energi lebih dari 10 m (tekanan atmosfir pada ketinggian laut) akan dihasilkan hampa udara total diatas mercu (lihat Gambar 7-8.). Untuk beton, tekanan subatmosfir maksimum harus kurang dari -4 m tekanan air, mengurangi beda tinggi energi maksimum sampai sekitar 6 m. Apabila sipon harus direncana untuk beda tinggi energi yang lebih besar, maka aerasi harus dipasang 6 m dari muka air hulu.

Pada mercu sipon terjadi penurunan tekanan sebagai akibat dari bertambahnya

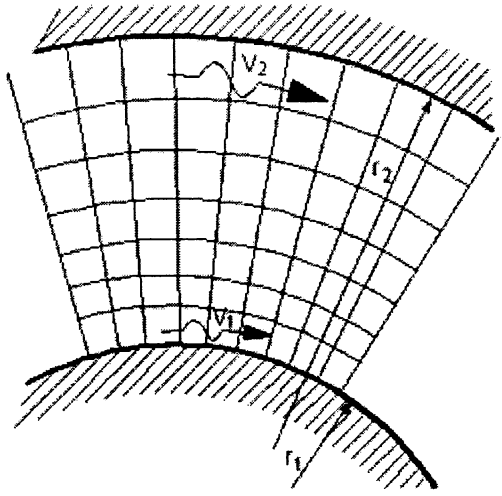
kecepatan. Untuk mercu dan tudung (*hood*) konsentris, pertambahan kecepatan ini dapat diperkirakan sebagai nilai banding antara kecepatan pada mercu, v_1, dengan kecepatan rata-rata (untuk notasinya lihat Gambar 7-9.).

$$\frac{v_1}{v} = \frac{\frac{r_2}{r_1} - 1}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \qquad \text{.....7-16}$$



Gambar 7-8. Tekanan Sub Atmosfir Dalam Sipon dengan Beda Tinggi Energi Z Lebih Kecil (1) dan Lebih Besar (2) dari 10 M (Tekanan Atmosfir pada Ketinggian Laut).

Tinggi kecepatan $v_1^2/2g$ yang termasuk ke dalam v_1 harus tidak lebih dari 8 m. Kalau tidak, maka jari-jari mercu harus diperbesar untuk mencegah kavitasi mercu.



Gambar 7-9. Jaringan Aliran pada Mercu Sipon

7.3.3 Tipe-Tipe Sipon Pelimpah

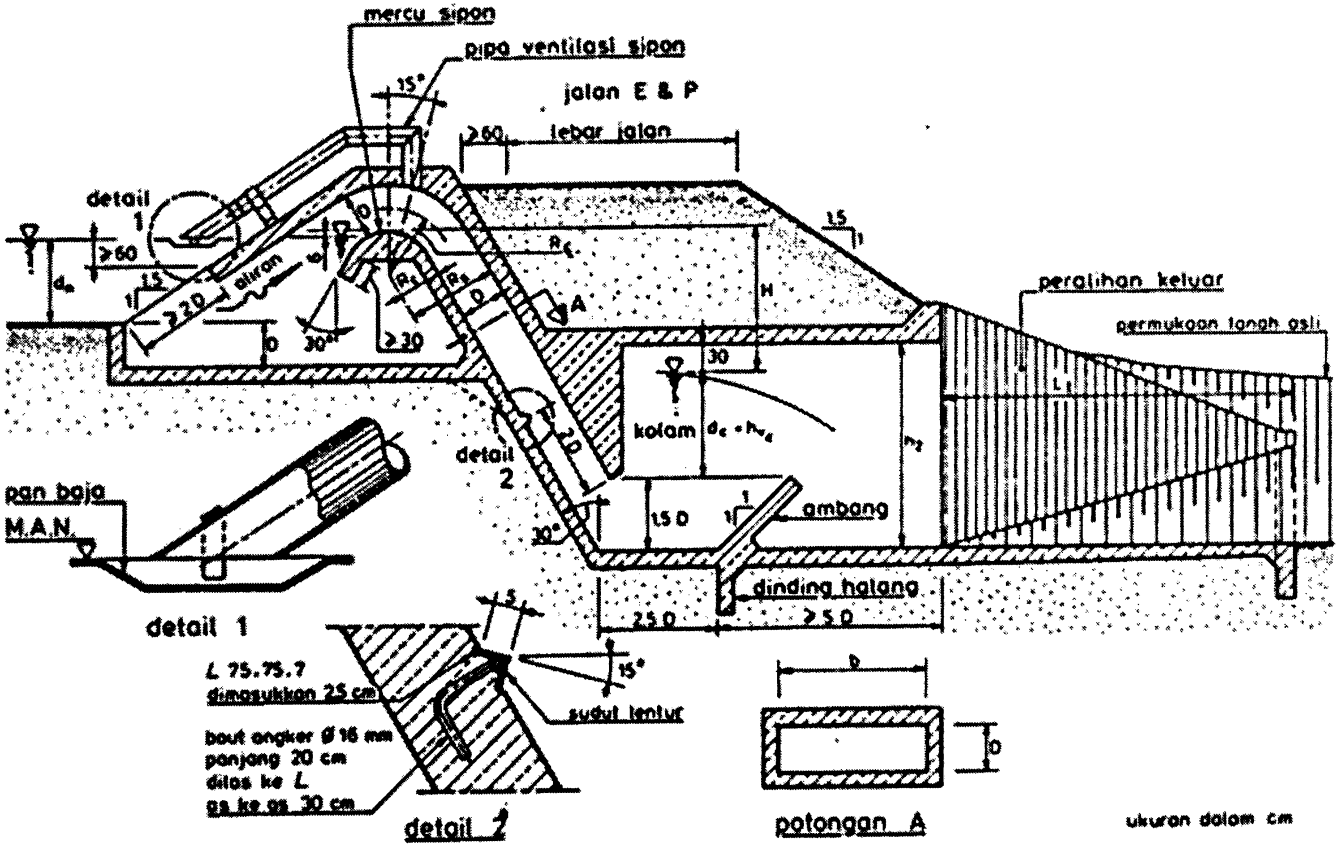
Tipe-tipe tata letak dan potongan melintang sipon ditunjukkan pada Gambar 7-10 dan Gambar 7-11.

Gambar 7-11. adalah contoh sipon yang dipakai dengan pondasi yang terbuat dari pasangan batu dan pipanya sendiri dibuat dari beton. Bentuk/konfigurasi aliran masuknya juga berbeda dari Gambar 7-10., karena tipe ini tidak memakai pipa pemisah sipon.

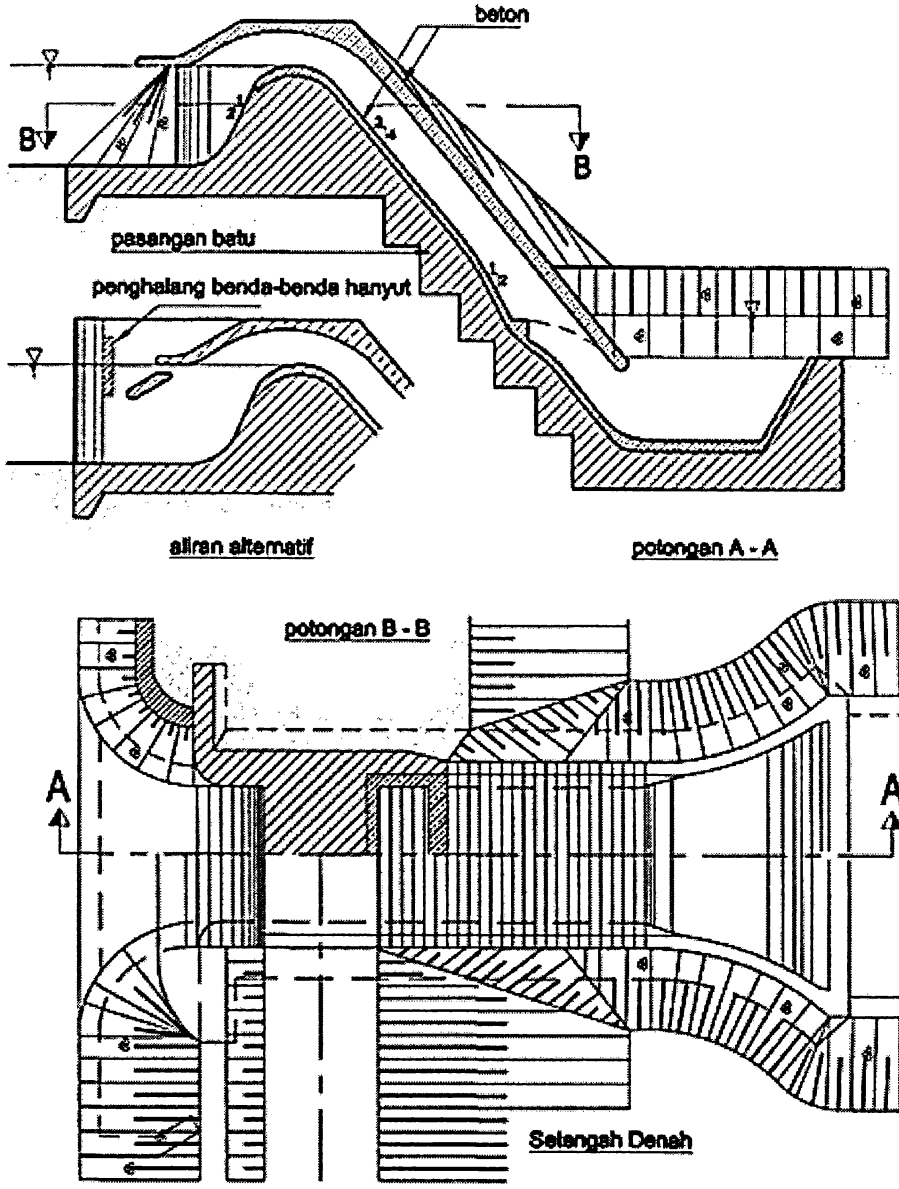
Detail rencana aliran masuk pada Gambar 7-11. menunjukkan metode yang dipakai untuk mencampur udara dengan air yang mengalir masuk di ujung sipon yang

membuat eksploitasi dan pengaliran awal lebih mulus/tenang.

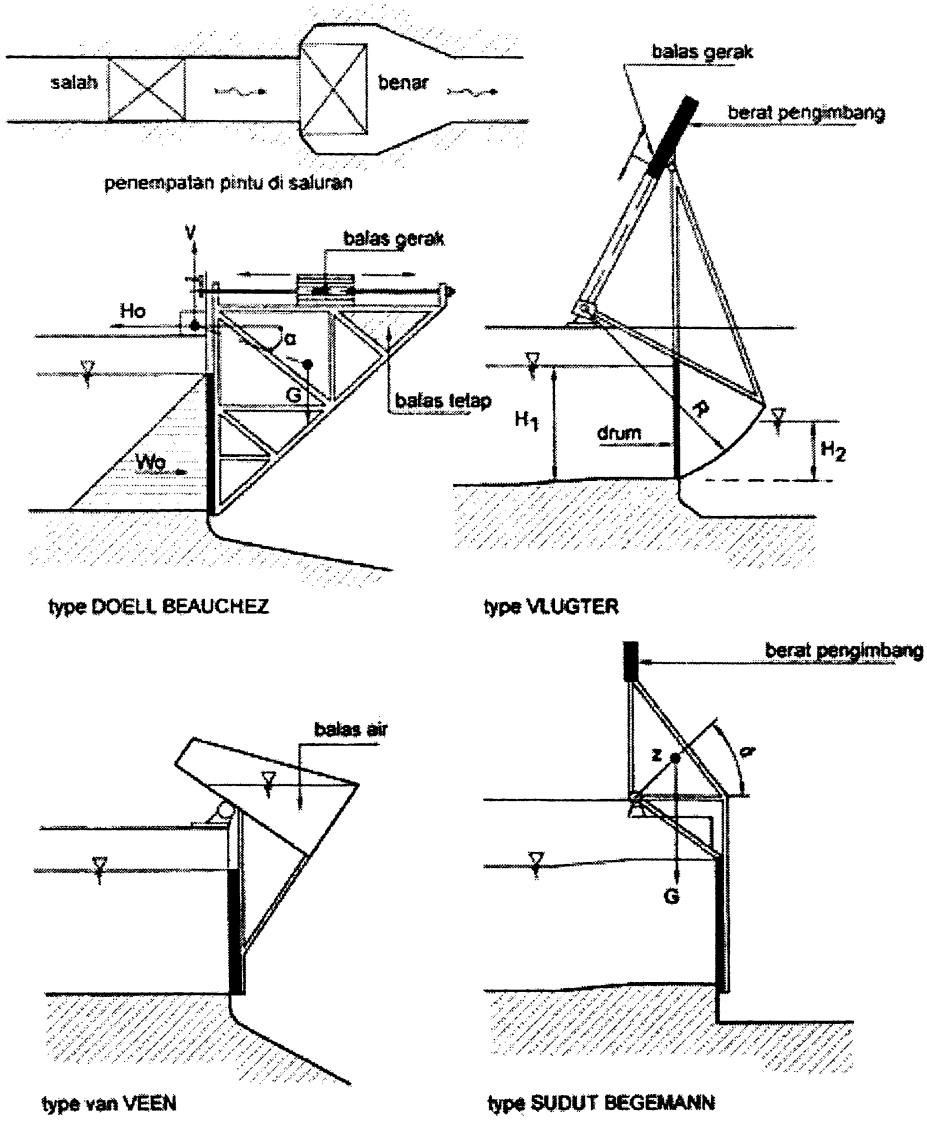
Pembuatan ambang awal adalah juga perencanaan lain lagi (lihat Gambar 7-11.). Potongan aliran masuk harus direncana secara hati-hati dengan lengkung yang halus pada denah untuk mengurangi kehilangan pada pemasukan.



Gambar 7-10. Tipe Dipotongan Sipon Pelimpah (USBR,1978)



Gambar 7-11. Sipon dalam Pasangan Batu Dikombinasi dengan Beton



Gambar 7-12. Tipe-Tipe Pintu Otomastis

7.4 Pintu Pelimpah Otomatis

Ada banyak tipe pintu otomatis yang dapat dipakai sebagai pelimpah darurat dari tipe-tipe yang umum dipakai di Indonesia, beberapa diantaranya ditunjukkan pada Gambar 7-12.

Tipe yang dengan berhasil digunakan di Semarang memiliki bentuk seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7-13. Gambar itu menyajikan hasil-hasil penyelidikan model hidrolis yang diadakan di Semarang untuk tipe pintu ini (*Vlugter,* 1940b).

Hasil-hasil penyelidikan dengan model seperti diberikan pada Gambar 7-13. dapat dipakai untuk merencana tipe pintu yang sama dengan dimensi-dimensi yang lain. Untuk ini dapat digunakan rumus berikut:

$$Q_2 = Q_1 \frac{B_1}{B_1} \left[\frac{H_2}{H_1}\right]^{3/2}$$

dimana:

O_2 = debit pintu yang menggunakan dimensi lain, m^3/dt

Q_1 = debit pintu yang diselidiki, m^3/dt

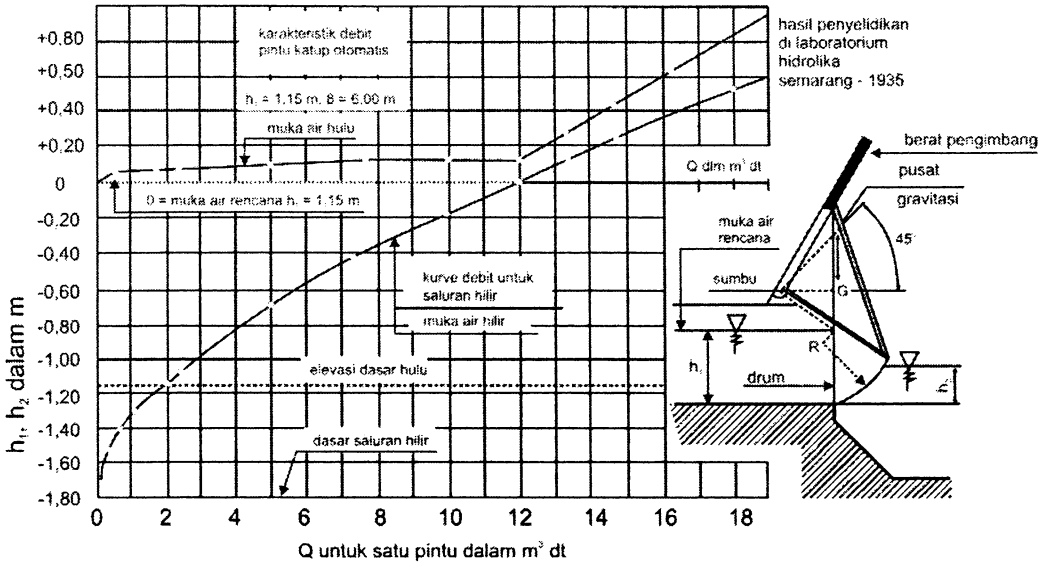
B_2 = lebar pintu baru, m

B_1 = lebar pintu yang diselidiki, m

H_2 = tinggi energi pintu baru di sebelah hulu, m

H_1 = tinggi energi pintu yang diselidiki, m

Debit rencana untuk pintu adalah debit dimana tinggi muka air hilir sama elevasinya dengan tinggi muka air rencana di sebelah hulu. Untuk debit-debit yang lebih besar dari debit rencana, pintu tidak akan terbuka lebih besar lagi dan kehilangan tinggi energi akan bertambah akibat kondisi aliran yang berubah serta koefisien debit yang lebih besar.



Gambar 7-13. Pintu *Vlugter* Otomatis, Karakteristik Debit Model

7.5 Bangunan Penguras

7.5.1 Pemerian (Deskripsi)

Bangunan penguras (*wasteway*) dipakai untuk mengosongkan saluran untuk keperluan-keperluan inspeksi, pemeliharaan, pengeringan berkala atau darurat, misalnya pada waktu terjadi keruntuhan tanggul saluran. Bangunan penguras akhir, yang terletak di ujung saluran, mengalirkan air yang tidak terpakai ke saluran pembuang.

Bangunan penguras sering dikombinasi dengan pelimpah samping untuk mengurangi biaya pelaksanaan serta memberikan berbagai kondisi eksploitasi saluran. Untuk cara-cara pemecahan yang mungkin, lihat Gambar 7-1. dan Gambar 7-4.

7.5.2 Kapasitas

Kapasitas pintu penguras sebaiknya sama atau melebihi kapasitas rencana saluran guna mengelakkan seluruh air saluran dalam keadaan darurat.

7.5.3 Perencanaan Pintu Penguras

Pintu penguras harus dapat mengalirkan debit rencana saluran sedemikian sehingga pintu pengatur atau pelimpah samping di sebelah hilir tidak tenggelam karenanya.

Karena debit rencana saluran jarang dialirkan melalui pintu penguras, maka kecepatan aliran melalui pintu itu diambil 3 m/dt.

Ini akan memerlukan banyak kehilangan tinggi energi pada pintu. Tetapi untuk membatasi biaya pembuatan bangunan dan untuk menghindari masalah-masalah pembuangan sedimen, maka bagian tengah bukaan pintu sebaiknya tidak direncana dibawah elevasi dasar saluran.

7.6 Bangunan Pembuang Silang

7.6.1 Umum

Bangunan pembuang silang dibutuhkan karena adanya aliran air buangan atau air hujan dari saluran atas ke saluran bawah. Untuk melindungi saluran dari bahaya aliran semacam ini, dibuatlah bangunan pembuang silang.

Kalau trase saluran biasanya mengikuti garis-garis kontur tanah, maka atas dasar pertimbangan-pertimbangan ekonomis, sering perlu untuk membuat pintasan pada saluran pembuang alamiah atau melalui punggung medan. Bila melintas saluran pembuang alamiah, aliran saluran bisa dilewatkan dibawah saluran pembuang itu dengan sipon, atau aliran saluran pembuang dapat dilewatkan dibawah saluran dengan menggunakan gorong-gorong. Jika tak terdapat saluran alamiah, atau karena pertimbangan ekomomis, maka aliran buangan dapat diseberangkan melalui saluran dengan *overchute* atau aliran-aliran kecil dapat dibiarkan masuk ke saluran melalui lubang-lubang pembuang.

Air buangan silang kadang-kadang ditampung di saluran pembuang terbuka yang mengalir sejajar dengan saluran irigasi di sisi atas. Saluran-saluran pembuang ini bisa

membawa air ke suatu saluran alamiah, melewati bawah saluran tersebut dengan gorong-gorong; atau ke suatu titik penampungan dimana air diseberangkan lewat saluran dengan *overchute*; atau ke saluran melalui lubang pembuang; atau diseberangkan dengan sipon.

7.6.2 Sipon

Apabila saluran irigasi kecil harus melintas saluran pembuang yang besar, maka kadang-kadang lebih ekonomis untuk mengalirkan air saluran tersebut lewat dibawah saluran pembuang dengan menggunakan sipon, daripada mengalirkan air buangan lewat dibawah saluran irigasi dengan gorong-gorong.

Sipon memberikan keamanan yang lebih besar kepada saluran karena sipon tidak begitu tergantung pada prakiraan yang akurat mengenai debit pembuang di dalam saluran pembuang yang melintas. Tetapi, sipon membutuhkan banyak kehilangan tinggi energi dan jika saluran pembuang itu lebar dan dalam, maka biayanya tinggi. Untuk perencanaan sipon, lihat subbab 5.5.

7.6.3 Gorong-Gorong

Apabila potongan saluran terutama dibangun di dalam timbunan karena potongan itu melintas saluran pembuang, maka gorong-gorong merupakan bangunan yang baik untuk mengalirkan air buangan lewat dibawah saluran itu.

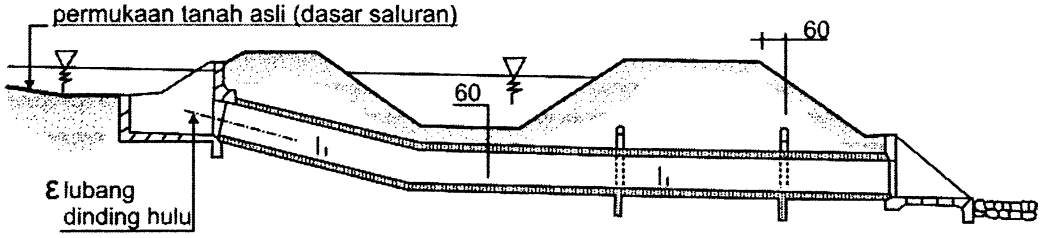
Gorong-gorong kecil mudah tersumbat sampah, terutama jika daerah pembuang ditumbuhi semak belukar. Untuk mengatasi masalah ini dapat digunakan kisi-kisi penyaring. Tetapi kisi-kisi semacam ini kadang-kadang lebih memperburuk penyumbatan.

Aturan dasar dalam menentukan lokasi gorong-gorong adalah memanfaatkan saluran alamiah yang pola limpasan air (*runoff*) aslinya hanya sedikit terganggu. Jadi bila saluran irigasi melintas pembuang alamiah pada bagian asimetris/tidak tegak lurus

(*skew*), maka biasanya akan lebih baik untuk menempatkan gorong-gorong pada bagian yang asimetris dengan saluran, daripada mengubah garis saluran masuk atau keluar. Jika saluran alamiah berubah arahnya antara lubang masuk dan lubang keluar gorong-gorong, mungkin diperlukan tikungan horizontal dalam saluran tekan gorong-gorong.

Apabila saluran tekan berada pada gradasi seragam, maka kemiringan saluran itu sebaiknya cukup curam guna mencegah sedimentasi di dalam saluran tekan tersebut, tetapi tidak terlalu curam supaya tidak perlu dibuat bangunan peredam energi. Dalam praktek, ternyata sudah memuaskan untuk mengambil kemiringan minimum 0,005 serta kemiringan maksimum yang sedikit lebih curam daripada kemiringan kritis.

Jika kemiringan seragam jauh melampaui kemiringan kritis dan dengan demikian memerlukan peredam energi, biasanya lebih disukai untuk memakai sebuah tikungan vertikal dan dua kemiringan, i_1 dan i_2, seperti diperlihatkan pada Gambar 7-14. Kemiringan hulu, i, sebaiknya jauh lebih curam daripada kemiringan kritis.



Gambar 7-14. Tipe Profil Gorong-Gorong

Gorong-gorong sebaiknya melewati bawah saluran dengan ruang bebas (*clearance*) 0,60 m untuk saluran tanah atau 0,30 m untuk saluran pasangan.

Berikut ini adalah beberapa tipe gorong-gorong:

- pipa beton bertulang
- pipa beton tumbuk diberi alas beton
- pasangan batu dengan dek beton bertulang

- bentuk boks segi empat dari beton bertulang yang dicor di tempat.

Bila dipakai tipe pipa beton, maka harus dipasang sambungan paking (gasket) karet untuk mencegah kebocoran; kalau tidak pipa itu sebaiknya diberi koperan pada setiap bagian sambungan

Rembesan dari saluran ke pipa gorong-gorong adalah salah satu sebab utama kegagalan. Pemberian perapat (*collar*) pipa untuk menghindari rembesan di sepanjang bagian luar pipa sangat dianjurkan. Letak perapat ini ditunjukkan pada Gambar 7-15. Biasanya satu perapat ditempatkan dibawah as tanggul saluran hulu dan dua petapat dibawah tanggul hilir : sebuah dibawah tepi dalam dan sebuah lagi 0,60 m di hilir tepi luar.

Gorong-gorong hendaknya direncana untuk kccepatan maksimum, sebesar 3 m/dt pada waktu mengalir penuh jika pada lubang masuk dipakai peralihan yang baik. Jika lubang keluar tidak perlu dipertimbangkan, maka kecepatan maksimum dibatasi sampai 1,5 m/dt.

Diameter minimum pipa adalah 0,60 m.

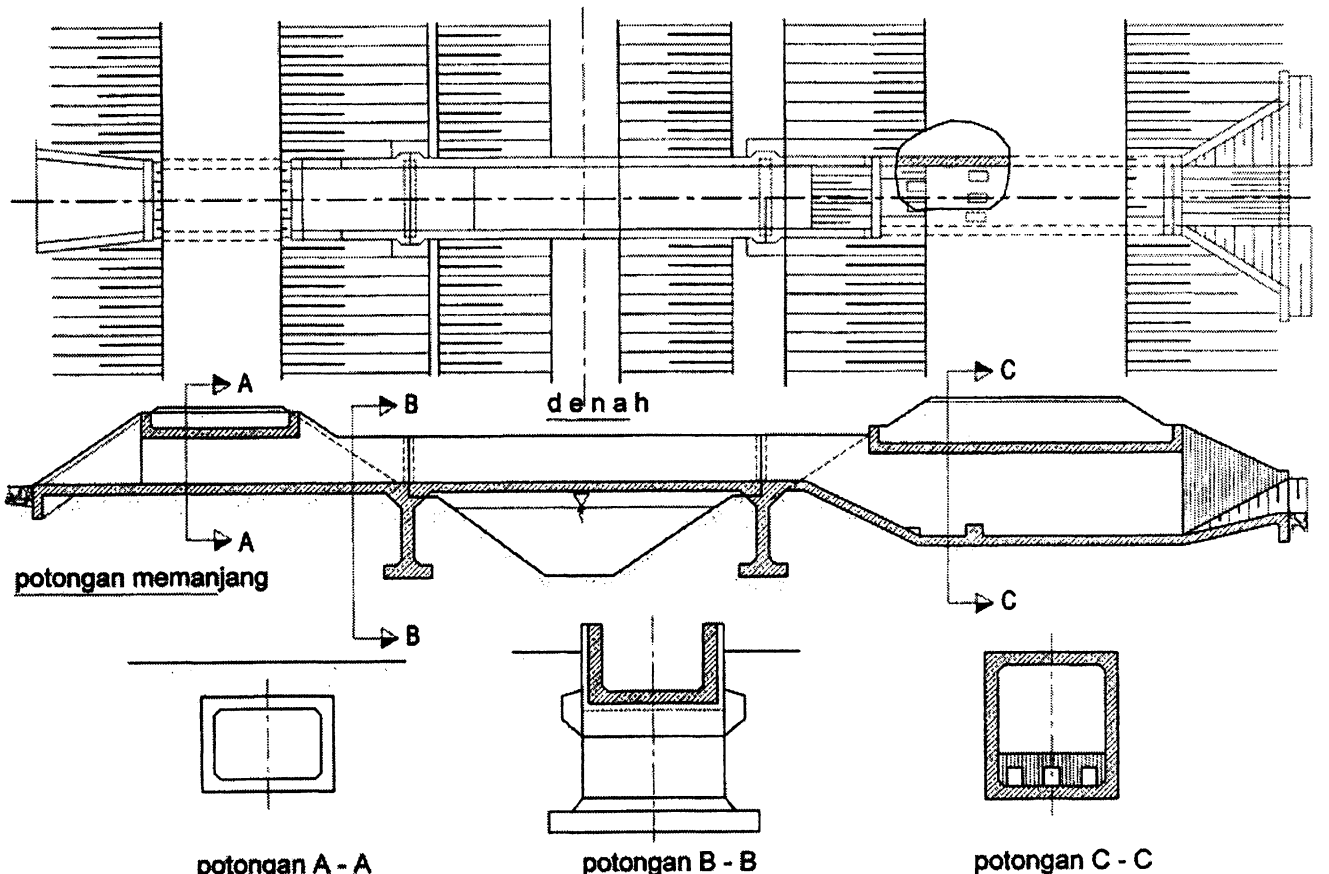
7.6.4 *Overchute*

Overchute dipakai untuk membawa air buangan lewat diatas saluran. Bangunan ini berupa potongan flum beton segi empat yang disangga dengan tiang-tiang pancang (lihat Gambar 7-15) atau berupa saluran tertutup, seperti pipa baja. Potongan flum beton terutama dipakai untuk aliran pembuang silang yang besar, atau untuk dipakai di daerah-daerah dimana penggunaan pipa terancam bahaya tersumbat oleh sampah yang hanyut.

Bagian keluar (*outlet*) mungkin berupa peralihan standar, tetapi kadang-kadang berupa perendam energi, seperti misalnya kolam olak. Bagian keluar mungkin juga terdiri dari potongan boks beton melalui tanggul saluran sisi bawah (*downhill*) kendaraan yang lalu lalang di jalan inspeksi. Fasilitas yang sama bisa dibuat di

tanggul saluran sisi atas jika diperlukan.

Biasanya trase *overchute* mengikuti saluran pembuang alamiah. Biasanya trase saluran dibuat pendek dan ekonomis, tetapi kadang-kadang dibuat trase yang asimetris/tidak tegak lurus karena trase saluran alamiah tidak boleh banyak terganggu. *Overchute* mungkin juga dibuat di ujung saluran pembuang yang mejajar dengan saluran irigasi sebagai sarana penyeberangan diatas saluran. Jika di tempat itu tidak ada saluran alamiah maka harus dibuat saluran hilir. Agar saluran masuk dan bangunannya dapat dikeringkan sama sekali, kemiringan *overchute* paling cocok digunakan apabila saluran seluruhnya dibuat dalam galian, atau apabila permukaan tanah di sisi atas berada diatas muka air saluran. Ruang bebas minimum sebesar 0,5 kali tinggi normal jagaan harus tetap dijaga antara permukaan air saluran dan potongan *overchute* yang juga harus mengamankan bagian atas pasangan beton pada potongan saluran yang diberi pasangan. Bila permukaan tanah di sisi atas saluran tidak cukup tinggi dari permukaan air saluran, maka gorong-gorong harus dipakai dibawah saluran sebagai pengganti *overchute*.



Gambar 7-15. Tipe Denah dan Potongan *Overchute*

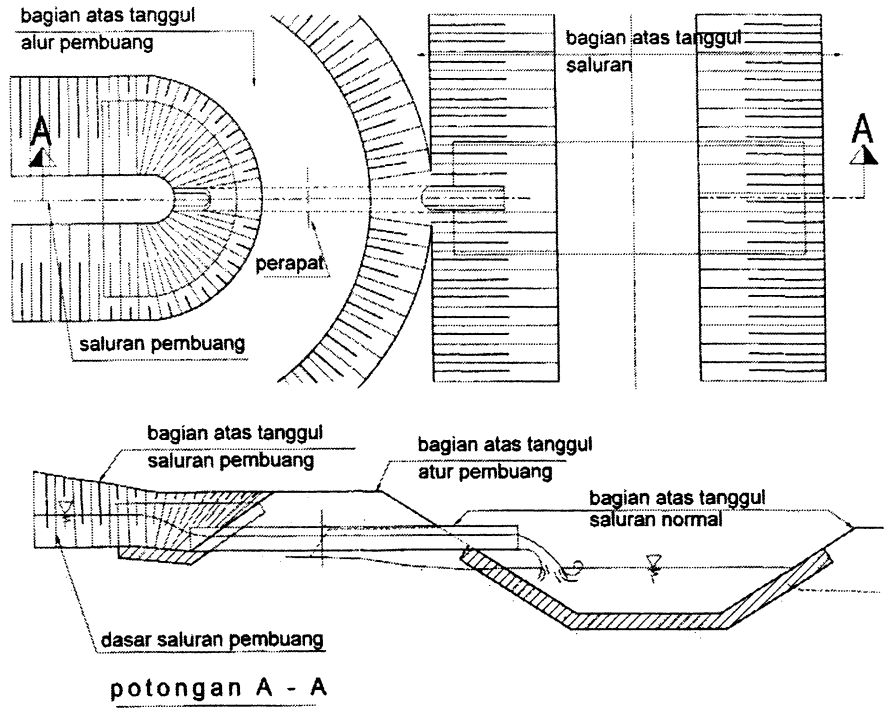
7.6.5 Alur Pembuang

Alur pembuang (lihat Gambar 7-16.) adalah bangunan yang dipakai untuk membawa air buangan dalam jumlah kecil yaitu maksimal sebesar 15% dari debit rencana atau 50 lt/det (diambil yang terkecil). Untuk aliran yang lebih besar, biasanya lebih disukai untuk menyeberangkan air lewat diatas atau dibawah saluran dengan *overchute* atau gorong-gorong, yang selanjutnya di buang jauh di luar saluran. Hal ini baik sekali, khususnya apabila aliran air diperkirakan mengangkut cukup banyak lanau, pasir atau benda-benda hanyut. Akan tetapi, kadang-kadang lebih ekonomis untuk membawa air bersih ke dalam saluran daripada membelokkannya ke luar saluran.

Alur pembuang bisa dibuat di saluran pembuang alamiah, atau di ujung saluran pembuang yang sejajar dengan saluran irigasi. Karena ujung alur pembuang harus berada diatas permukaan air, maka alur pembuang paling cocok digunakan jika saluran seluruhnya berada dibawah permukaan tanah asli.

Bila suatu ruas saluran tidak diberi fasilitas pelimpah, maka jumlah kapasitas rencana alur pembuang pada ruas itu harus dibatasi sampai 10% dari kapasitas rencana normal saluran tersebut.

Jika tersedia fasilitas pelimpah untuk tiap ruas saluran, maka jumlah kapasitas rencana masing-masing alur pembuang tidakboleh melebihi 10% dari kapasitas rencana normal saluran. Jumlah aliran yang masuk dari alur pembuang pada ruas tersebut tidak boleh melebihi 20% dari kapasitas rencana normal saluran tersebut.



Gambar 7-16. Potongan dan Denah Alur Pembuang Pipa

7.7 Bangunan Pengeluar Sedimen (*Sediment Excluder*)

7.7.1 Umum

Pada umumnya bangunan utama di Indonesia terletak di daerah perbukitan, sehingga untuk membuat kolam pengendap pasir/lumpur memerlukan saluran yang panjang serta perbedaan elevasi/kemiringan dasar di hulu saluran pengendap sampai outlet saluran pembuang yang cukup besar sehingga endapan sedimen yang terendap di kolam dapat dibuang.

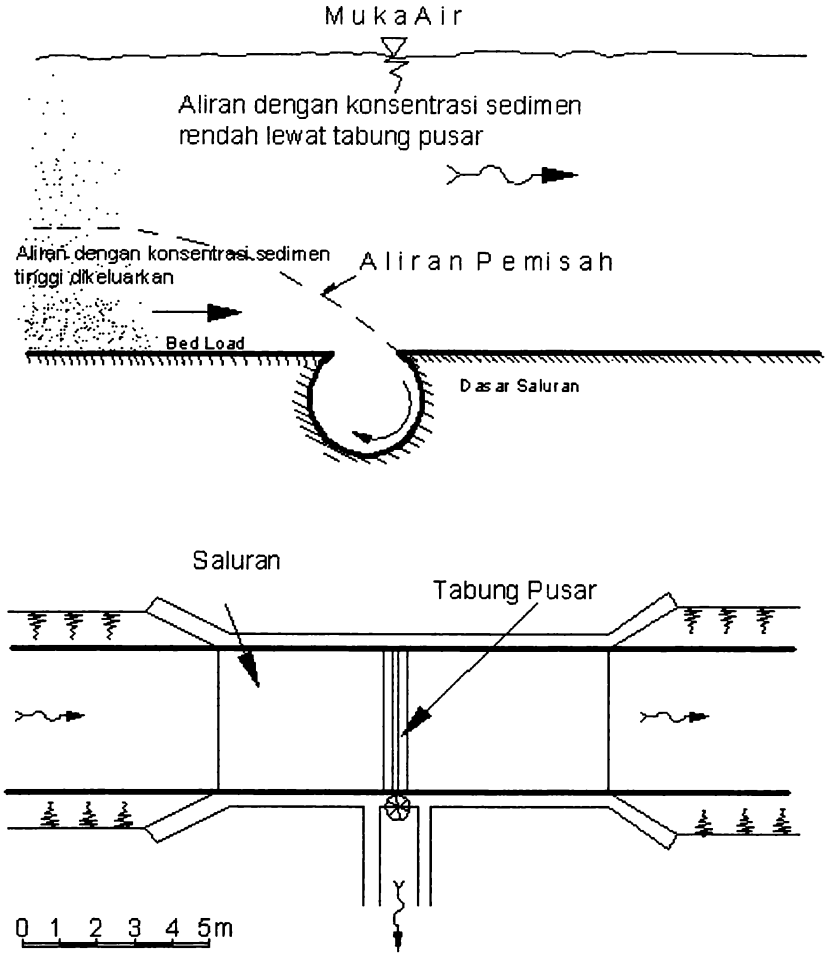
Mengingat kandungan sedimen yang keluar dari kolam pengendap dengan diameter <0,088 mm relatif masih tinggi, maka diperlukan bangunan pengeluar sedimen (*sediment excluder*) pada daerah persilangan dengan sungai atau alur pembuang alamiah. Bangunan ini dimaksudkan mengeluarkan sedimen dari saluran untuk

mengurangi beban O&P saluran irigasi.

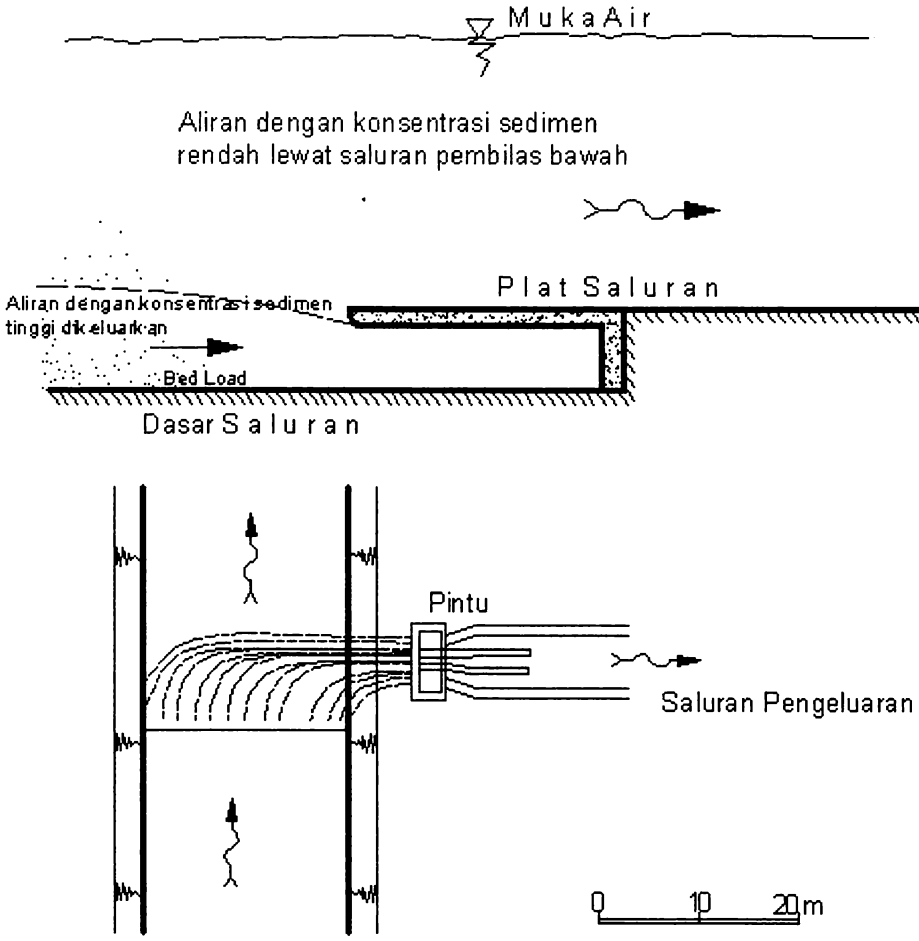
Sistem ini dapat direncanakan dalam 2 (dua) tipe, yaitu:

1.Tipe tabung pusaran (*Vortex Tube*)

2.Tipe terowongan penyaring sedimen (*Tunnel Sediment Excluder*)



Gambar 7-17. Bangunan Pengeluar Sedimen (*Sediment Excluder*) Tipe Tabung Pusaran



Gambar 7-18. Bangunan Pengeluar Sedimen (*Sediment Excluder*) Tipe Terowongan (Tipe Saluran Pembilas Bawah)

Bangunan ini berfungsi memisahkan dan membuang endapan sedimen dasar aliran sungai yang masuk saluran. Bangunan penangkap sedimen ini biasanya diletakkan diujung atau hulu saluran induk dengan tujuan agar ketersediaan air untuk keperluan penguras masih relatif terjamin.

Jumlah air di saluran yang masuk tabung atau bangunan penyaring ini disyaratkan pada perbandingan tertentu, umumnya sekitar 10% sampai 25% debit saluran. Bila air

di saluran cukup maka pengurasan dapat dilakukan secara menerus (*continue*), namun bila air tidak cukup maka pengurasan dapat dilakukan secara periodik (misalnya 3 hari sekali).

7.7.2 Penggunaan Saluran Pengeluar Sedimen (*Sediment Excluder*)

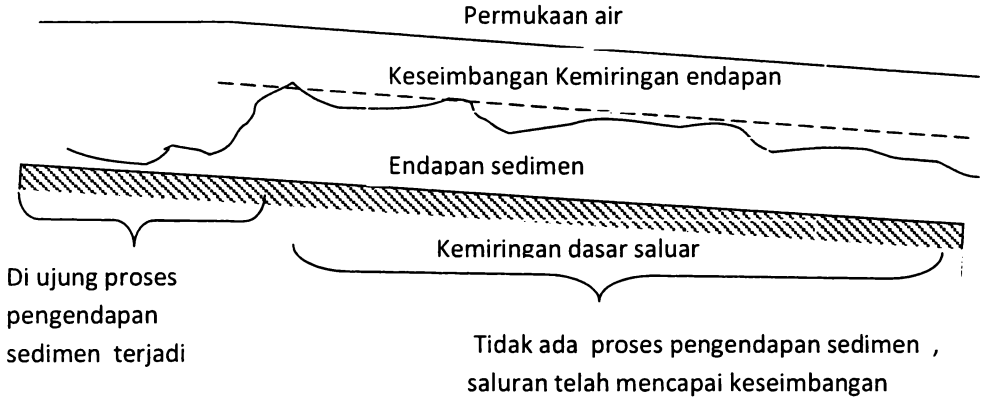
Kondisi-kondisi yang tepat untuk pembuatan saluran pengeluar sedimen antara lain :

1. Kebutuhan debit yang tersedia harus mencukupi kebutuhan irigasi karena untuk membuang bahan sedimen yang tertangkap alat ini harus dibuang secara rutin ke sungai melalui saluran penguras. Kebutuhan debit yang disyaratkan untuk mengoperasikan sistem ini adalah 10% sampai 25% debit maksimum yang masuk saluran.
2. Elevasi dasar saluran dan dasar sungai harus mempunyai perbedaan tinggi yang cukup.
3. Efisiensi yang masuk kedalam bangunan pengeluar sedimen antara 40% sampai 80% sedimen yang terbawa aliran dalam saluran. Setelah melalui bangunan ini debit menjadi berkurang. Jika saluran memerlukan efisiensi penangkap sedimen yang besar, maka jenis tabung pusaran (*vortex tube*) atau terowongan penyaring sedimen ini tidaklah sesuai, kecuali jika dengan menggunakan beberapa bangunan penangkap sedimen kontrol lainnya.
4. Saluran pengeluar sedimen tidak cocok untuk saluran yang banyak mengandung lumpur atau lempung, karena sedimen halus ini melayang tercampur merata dalam aliran air.

7.7.3 Menentukan Lokasi Bangunan

Dengan mempertimbangkan kemudahan operasional dan harga pembangunannya yang murah, serta tidak ada kendala masalah ketersediaan lahan maka bangunan pengeluaran sedimen ini sebaiknya diletakkan berdampingan dengan bangunan pelimpah samping. Ideal lokasi bangunan Pengeluar Sedimen ini adalah di lokasi

proses pengendapan sedimen yang akan mempunyai kemiringan endapan yang seimbang dengan kemiringan saluran (hasil dari survei lapangan seperti Gambar 7-19.dibawah ini)



Gambar 7-19. Lokasi Keseimbangan Slope antara Hasil Endapan Sedimen dengan Kemiringan Dasar Saluran Akan Sama untuk Menentukan Lokasi Bangunan Pengeluar Sedimen

7.7.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Penetapan Lokasi Bangunan Pengeluar Sedimen

Faktor-faktor yang mempengaruhi penetapan lokasi bangunan pengeluar sedimen ada 6 (enam) hal yaitu:

(1) Intake

Biasanya elevasi muka air di saluran lebih rendah dari muka air sungai, maka posisi sedimen excluder dipilih cukup jauh dari bendung sedemikian sehingga elevasi muka air saluran pembuang lebihtinggi dari muka air sungai.

(2) Kemiringan Dasar Sungai

Kemiringan dasar sungai biasanya lebih terjal atau curam daripada kemiringan dasar saluran. Karena itu lebih lanjut dasar sungai di bagian aliran keluar saluran pembuang bangunan pengeluar sedimen perbedaannya harus cukup dalam.

(3) Lengkung Saluran

Lengkung saluran atau perubahan penampang saluran akan menyebabkan turbulensi aliran sehingga menyebabkan sedimen dalam keadaan suspensi. Untuk itu posisi sedimen excluder ini harus cukup jauh sedemikian sehingga memungkinkan aliran tenang dan sedimen dapat mengendap.

(4) Sungai Alam

Sungai alam dapat digunakan sebagai saluran pembuang sedimen dari prasarana bangunan pengeluar sedimen

(5) Anak sungai memungkinkan untuk digunakan sebagai saluran pembuang

(6) Lokasi alat penyaring sedimen (*extractor*) yang ideal oleh alasan tertentu tidak diterima karena saluran pembuangnya panjang

Jika Bangunan pengeluar sedimen ini akan dibangun di hilir kantong lumpur guna memperbaiki kualitas air irigasi maupun mengurangi kadar lumpur yang tidak terendap di kantong lumpur maka untuk menetapkan lokasi bangunan *excluder* ini yang perlu dipertimbangkan antara lain:

(1) Lokasi pusat-pusat sedimen terendap di hilir kantong lumpur yang ditentukan dengan survai lapangan.

(2) Saluran pembuang diusahakan dekat sungai atau pembuang alam.

Jika bangunan pengeluar sedimen ditempatkan dilokasi yang terbatas pada intake daripada yang diprediksi penyesuaian panjang maka *trapping* efisiensi akan berkurang.

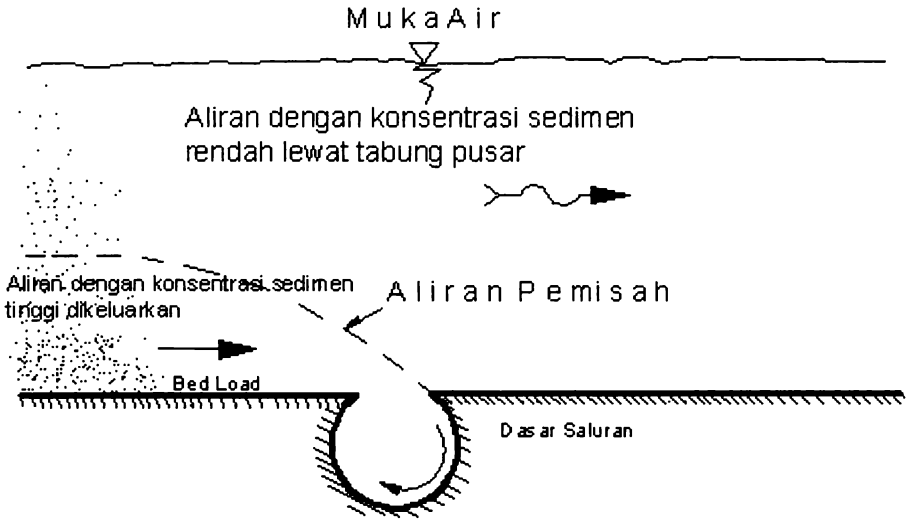
Sebagai petunjuk membagi dua panjang penyesuaian yang diprediksi dan akan mengurangi trapping efisiensi sebesar 50%. Disisi lain menambah jarak akan menaikkan elevasi muka air di intake.

7.7.5 BangunanTabung Pusaran (*Vortex Tube*)

Pada saluran penyaring sedimen jenis tabung pusaran (*vortex tube*) merupakan bangunan tersendiri berupa sendiri saluran tunggal atau lebih yang diletakkan didasar saluran pembawa.

Salah satu ujung penyaring sedimen ini dipasang turbulen, sedang diujung yang lain dipasang secara tertutup.

Proses penyaringan sedimen dalam aliran yang masuk kedalam tabung pusaran dapat terlihat pada Gambar 7-20. dibawah ini.



Gambar 7-20. Potongan Melintang Saluran di Lokasi Tabung Pusaran
(Pada Saat Proses Masuknya Sedimen ke Tabung Pusaran/*Vortex Tube*)

A. Cara menentukan dimensi dan jumlah tabung pusaran

Cara menentukan dimensi dan jumlah tabung pusaran yang diperlukan didasarkan pada teori *Sanmuganathan* (1976), dengan dua kriteria perencanaan yaitu:

- Kecepatan digaris singgung akhir tabung cukup besar untuk mencegah mengendapnya sedimen didalam tabung

- Tinggi hilang melintasi tabung tidak harus berlebihan

Pemasangan tabung pusaran secara melintang tegak lurus saluran akan memperoleh kecepatan dalam tabung maksimum dan panjang tabung yang diperlukan menjadi lebih pendek (*Lawrence & Sanmuganathan*, 1983).

1. Prosedur Perhitungan Menentukan Panjang dan Pemilihan Dimensi Tabung yang Diperlukan

   Prosedur perhitungannya adalah sebagai berikut:

   (i)Panjang total tabung pusaran (*vortex tube*) harus sama dengan lebar saluran

   Panjang total tabung = L_{total}

   Desain awal menggunakan tabung tunggal (satu jalur) jika hasil perhitungan kehilangan tinggi tidak memenuhi kriteria, maka digunakan lebih dari satu tabung.

   Jika jumlah tabung = M

   Panjang masing-masing tabung = L (m)

$$L = \frac{L_{total}}{M}$$

   (ii) Debit yang melalui Tabung

$$Q_T = Q_c \times \frac{R}{M} m^3/dt$$

   dimana :

   Q_c = debit saluran (m^3/dt)

   R = rasio ekstraksi dari bangunan pengeluar sedimen

   (iii) Tabel Perencanaan Panjang Tabung

   Nilai L maksimum adalah 30 m, jika L rencana melebihi panjang maksimum

yang tersedia maka bangunan pengeluar sedimen harus direncanakan lebih dari satu tabung.

Nilai kehilangan energi meliputi kehilangan tinggi dibagian keluar sampai ujung saluran pembuang, tetapi hal ini tidak mencakup kehilangan tinggi yang diijinkan hasil dari pintu kontrol di outlet tabung pusaran (*vortex tube*).

Kehilangan tinggi energi dihitung dengan:

$$H_{loss} = \frac{(L_{Total} - L)}{346d^5} Q_T{}^5$$

dimana:

L_{Total} = panjang total tabung pusaran yang diperlukan

L = panjang tabung pusaran 1 jalur (selebar saluran)

Q_T = debit dalam tabung (m^3/dt)

d = diameter tabung (m)

Persamaan kehilangan tinggi energi sepanjang tabung (m) untuk tabung yang panjang dihitung berdasarkan *Miller* (1971) dengan asumsi nilai kekasaran besar.

2. Debit Penguras

Debit penguras ditetapkan sebesar 25% debit yang masuk ke saluran.

3. Pemilihan Desain

Pertimbangan-pertimbangan yang relevan pada saat perencanaan akhir adalah:

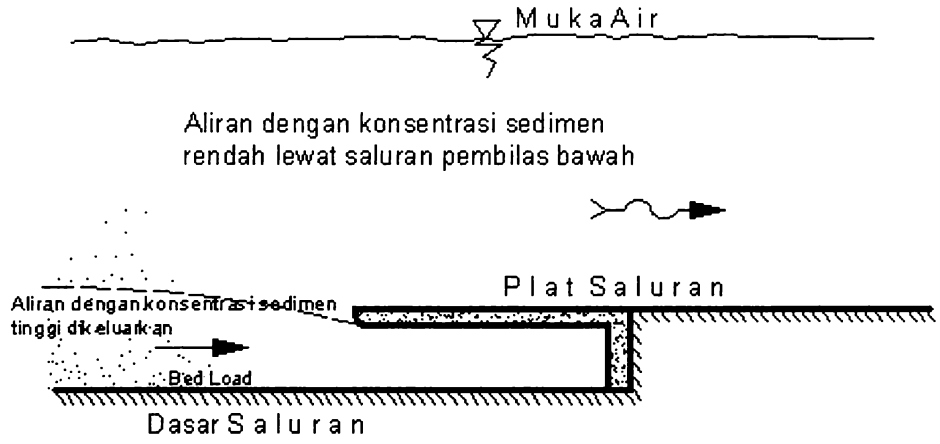
- Prosedur yang digunakan untuk memperoleh desain pilihan ditentukan dari segi biaya dan kemudahan konstruksi.
- Diameter desain ditetapkan tidak boleh lebih besar dari 1,50 m, jika terpaksa maka disarankan untuk menggunakan gabungan dari beberapa tabung atau

tipenya diganti dengan sistem terowongan penyaring sedimen.

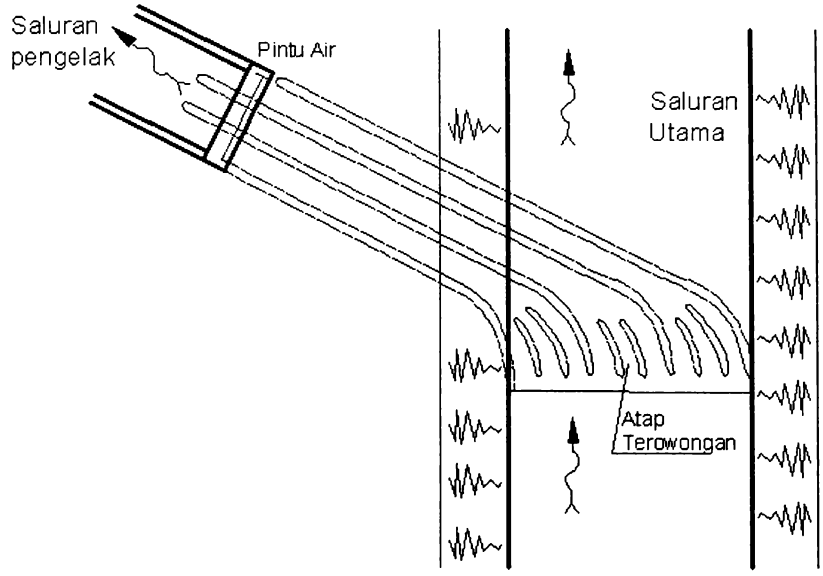
- Kajian Kinerja Bangunan *Vortex Tube* Daerah Irigasi Warujayeng dapat dilihat pada Lampiran 4.

7.7.6 Terowongan Penyaring Sedimen (*Tunnel Sediment Excluder*)

Terowongan penyaring sedimen (*tunnel sediment excluder*) yang terdiri dari jalur terowongan ditempatkan didasar saluran yang akan membagi aliran air dan aliran sedimen yang terdapat didekat dasar saluran.



Gambar 7-21. Prinsip Kerja Terowongan Penyaring Sedimen dan Elevasi Letak Terowongan



Gambar 7-22. Denah Perencanaan Terowongan Penyaring Sedimen

Ada 2 (dua) kriteria prosedur desain yang harus dipenuhi yaitu:

(1) dalam terowongan tidak terjadi sumbatan

(2) total kehilangan energi atau tinggi hilang yang melintasi terowongan tidak berlebihan

Tahapan dalam merencanakan terowongan penyaring sedimen dirinci sebagai berikut:

a. Pembuatan Denah Awal

b. Tinggi terowongan

Tinggi terowongan ditetapkan dengan syarat untuk tidak terjadi endapan yang berakibat menyumbat terowongan. Komponen atau bagian terowongan penyaring sedimen ini terdiri atas tiga bagian yaitu:

- bagian masuk (*inlet section*)

- bagian lengkung
- bagian keluar (*outlet*)

Tahapan menetapkan tinggi terowongan sebagai berikut:

(i) Tentukan debit pembuang sebesar 25% dari debit saluran utama

(ii) Perhitungan aliran melalui terowongan yaitu:

$$Q_T = \frac{Q_{pembuang}}{M}$$

dimana :

Q_T = aliran melalui terowongan (m^3/dt)

M = jumlah jalur terowongan

$Q_{pembuang}$ = debit pembuang (m^3/dt)

Perkiraan konsentrasi sedimen dalam terowongan adalah X_T

$$Q_T = \frac{X_c TE_{25}}{25}$$

dimana:

X_T = konsentrasi sedimen dalam terowongan (mpm)

X_C = perkiraan konsentrasi sedimen di hulu bangunan pengeluar sedimen (mpm)

TE_{25} = efisiensi trapping dari bangunan ini pada rasio 25%

Menentukan h_t (tinggi terowongan yang tidak diendapi sedimen) dan memprediksi Rasio R_t:

$$R_t = \frac{h_t}{b_t}$$

dimana:

b_t = lebar terowongan

Tinggi terowongan = R_t x b_t

Kehilangan Tinggi

Kehilangan tinggi antara saluran utama sampai bagian aliran keluar harus lebih kecil daripada tinggi yang tersedia.

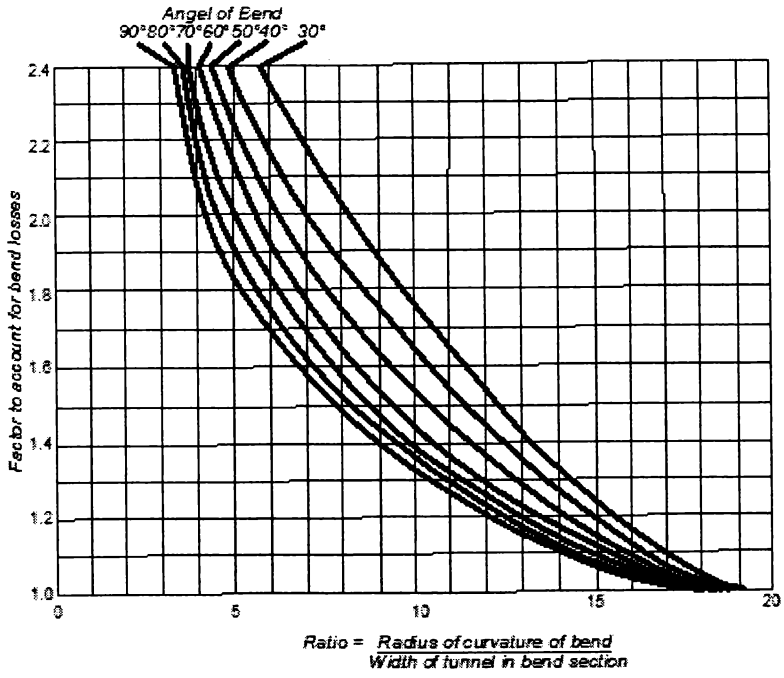
$$\text{kehilangan tinggi} = \frac{L \times H}{1000} \text{ meter}$$

dimana:

L = panjang bagian terowongan penyaring sedimen

H = prediksi kehilangan tinggi dari tabel (mm per m)

Untuk lengkung, tinggi hilang akan dikalikan dengan faktor ini tergantung pada sudut dari lengkung dan jari-jari lengkung yang dapat dilihat pada Gambar 7-23. dibawah ini:



Gambar 7-23. Faktor Perkalian untuk Kehilangan Tinggi Dibagian Lengkung Prasarana Penyaring Sedimen

Sedangkan kehilangan tinggi dibagian keluar dapat dihitung dengan rumus berikut:

Kehilangan tinggi saat keluar dari terowongan $= \left(\frac{Qex}{be \times he}\right)^2 / 2g$

dimana : g = 9,8 m/dtk^2

BAB VIII
JALAN DAN JEMBATAN

8.1 Umum

Jaringan jalan di suatu daerah irigasi melayani kebutuhan yang berbeda-beda dan dipakai oleh pengguna yang berbeda-beda pula: jalan adalah jaringan angkutan barang dan produksi. Dalam kaitan ini jalan digunakan oleh penduduk. Jalan juga dipakai untuk keperluan-keperluan eksploitasi dan pemeliharaan jaringan irigasi. Dalam hubungan ini, jalan digunakan oleh staf dinas irigasi. Berbagai fungsi jaringan jalan ini harus diperhitungkan selama perencanaan.

Sebagian besar dari jalan yang dibangun sebagai bagian dari jaringan irigasi, dan dipelihara oleh dinas pengairan akan dibuat di sepanjang atau diatas tanggul saluran irigasi dan pembuang. Tujuan utama pembangunan jalan-jalan ini adalah untuk menyediakan jalan menuju jaringan irigasi dan pembuang.

Jembatan merupakan bagian yang penting dari jaringan tersebut. Jembatan dan jalan inspeksi bagi kendaraan dan orang untuk menyeberang saluran irigasi dan pembuang merupakan tanggung jawab perencana irigasi. Ia harus merencana pasangan – pasangan ini dan pemeliharaannya di lakukan oleh staf O&P proyek irigasi yang bersangkutan.

Subbabberikut menyajikan, kriteria perencanaan jalan inspeksi (subbab 8.2) dan kriteria perencanaan jembatan pelengkap yang dimaksud (subbab 8.3).

8.2 Jalan Inspeksi

Jalan inspeksi direncana, dibangun dan dipelihara oleh dinas pengairan. Jalan ini terutama digunakan untuk memeriksa, mengoperasikan dan memelihara jaringan irigasi. Saluran pembuang, yakni saluran dan bangunan-bangunan pelengkap. Akan tetapi, dikebanyakan daerah pedesaan, jalan-jalan ini juga sekaligus berfungsi

sebagai jalan utama dan oleh karena itu juga dipakai oleh kendaraan kendaraan komersial dengan pembebanan as yang lebih berat dibandingkan dengan kendaraan-kendaraan inspeksi.

8.2.1 Klasifikasi

Jalan inspeksi yang hanya dimanfaatkan untuk inspeksi saluran irigasi dan jalan usaha tani saja mempunyai lebar total jalan 5 m, dengan lebar perkerasan 3 m.

Jalan inspeksi yang difungsikan untuk lalu lintas umum mengacu pada UU No.38/2004 dan PP No.34/2006 diklasifikasikan sebagai jalan lokal dengan total lebar jalan 7,5m dengan lebar perkerasan 5,5 m, dengan struktur jalan sesuai SNI bidang jalan.

Jalan – jalan yang berada dibawah wewenang Direktorat irigasi disesuaikan Standar jalan Bina Marga berdasarkan RSNI .T02 – 2005 yang telah diperluas menjadi :

- Kelas I Jalan Nasional (Standar Bina Marga A) dengan lebar = (1,00 + 7,00 + 1,00) m = 9,00 m
- Kelas II Jalan Propinsi (Standar Bina Marga B) dengan lebar = (0,50 + 6,00 + 0,5) m = 7,00 m
- Kelas III Jalan Kabupaten, jalan desa, jalan inspeksi utama (Standar Bina Marga C) dengan lebar = (0,50+ 2,50 +0,50) m = 3,50 m
- Kelas IV Jalan penghubung, jalan inspeksi sekunder (Standar Bina Marga) dengan lebar = Kelas V Jalan setapak/jalan orang

Lebar jalan dan perkerasan untuk jalan-jalan Kelas III, IV dan V (yang punya arti penting dalam proyek irigasi) disajukan pada Tabel 8-1.

Jalan kelas III dengan perkerasan; jalan kelas IV boleh dengan perkerasan (Untuk yang lebih penting) atau tanpa perkerasan. Kelas V umumnya tanpa perkerasan.

Tabel 8-1. Lebar Perkerasan Jalan Standar Irigasi yang disesuaikan Standar Bina Marga

Klasifikasi Standar Jalan		Lebar Perkerasan	Keterangan
Direktorat Irigasi	**Direktorat Bina Marga**		
Kelas III	Kelas C	3,50 m	
Kelas IV	-	3,50 m	
Kelas V	-	1,00 m	

11.1.1 Potongan Melintang

Tipe-tipe potongan melintang jalan inspeksi yang difungsikan hanya untuk inspeksi saluran dan jalan usaha tani disajikan Gambar 8-1.a. dan Gambar 8-1.b.

11.1.2 Trase

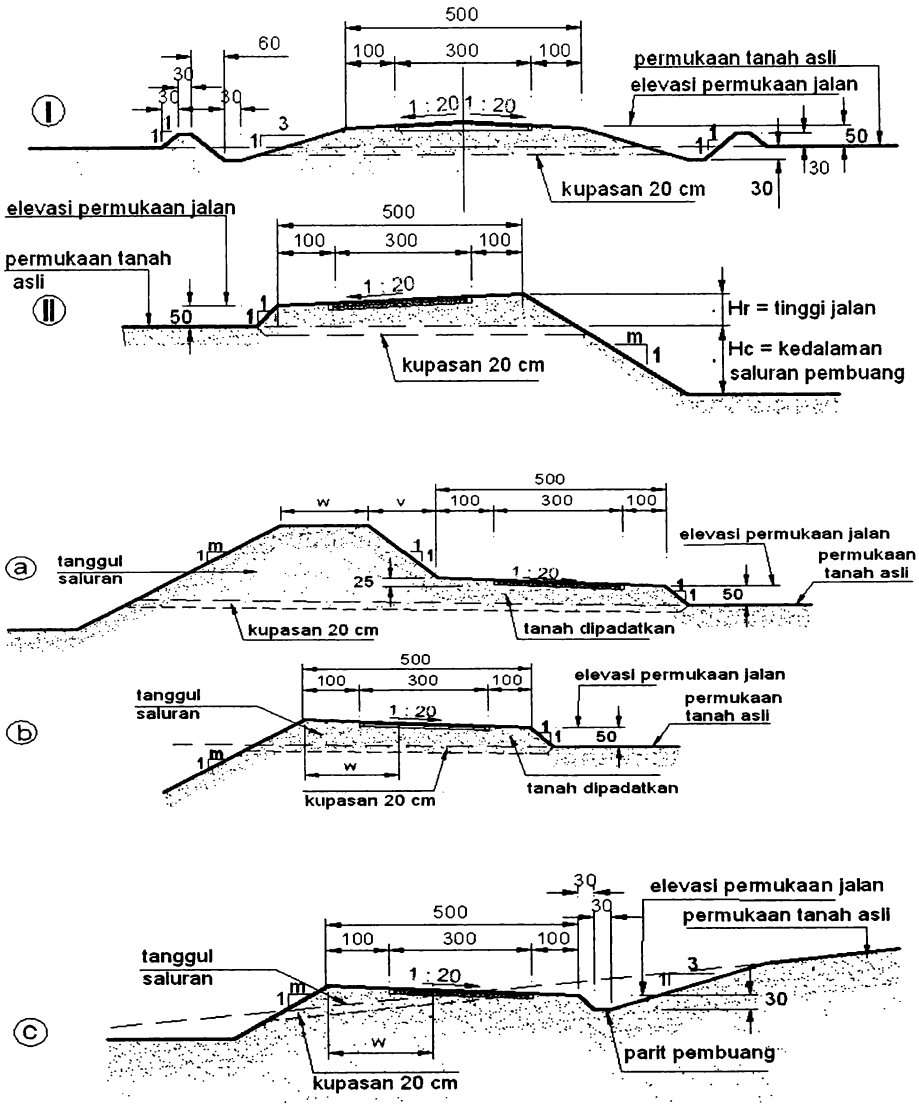
Jalan inspeksi biasanya dibangun diatas tanggul saluran atau pembuang. Jika ini dianggap tidak ekonomis, jarak maksimum antara jalan inspeksi dan saluran atau pembuang adalah 300 m.

Kecepatan maksimum rencana bagi kendaraan di jalan ini sebaiknya diambil 40 km/jam. Untuk perencanaan geometri jalan inspeksi, digunakan Standar Bina Marga, (lihat Bina Marga, 1970b).

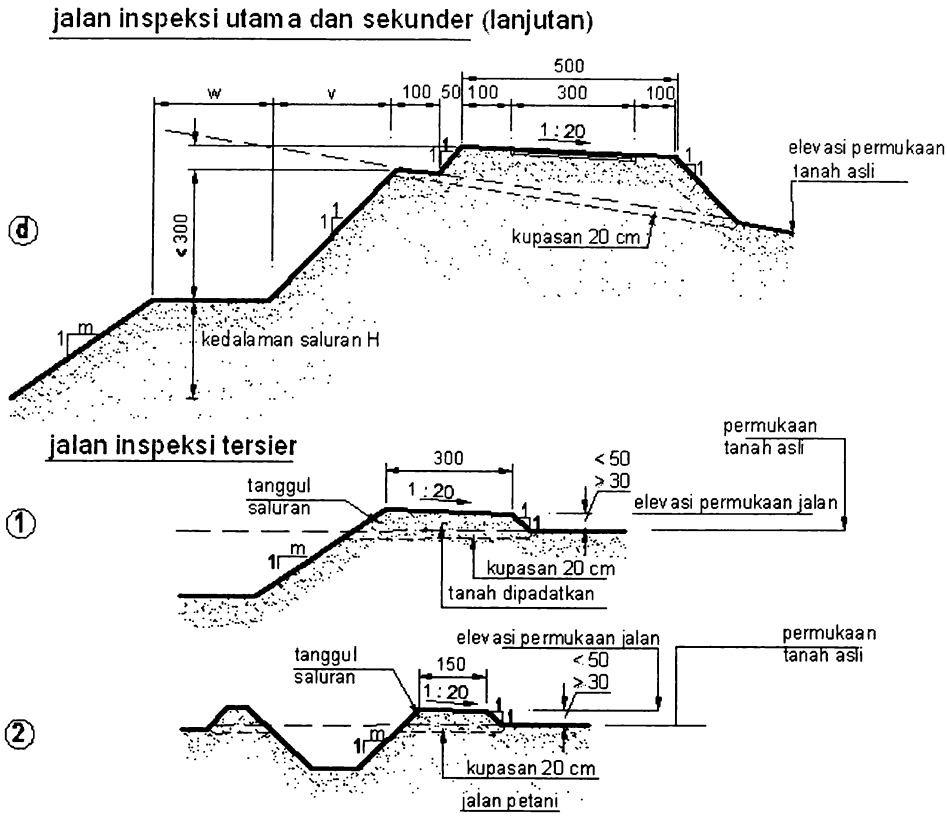
Tanjakan memanjang maksimum yang diizinkan adalah 7%.

Jari-jari dalam minimum suatu tikungan jalan inspeksi adalah 5 m.

Tempat lewat atau tempat berputar harus tersedia sekurang-kurangnya tiap 600 m.



a. Tipe-tipe potongan melintang jalan inspeksi



b. Tipe-tipe potongan melintang jalan inspeksi

Gambar 8-1. Tipe-Tipe Potongan Melintang Jalan Inspeksi

11.1.3 Pelaksanaan

Ada dua jenis perkerasan yang akan digunakan:

1. Permukaan kerikil yang dipadatkan setebal 15 cm
2. Permukaan bitumen diletakkan pada base 15 cm dan *subbase* 15 – 40 cm

(1) Jalan dengan kerkerasan kerikil (jalan tahan cuaca)

Penggunaan kerikil alamiah untuk perkerasan setebal 15 cm adalah suatu pemecahan yang paling murah. Bahannya harus sesuai dengan kriteria berikut:

1) Harga CBR (*California Bearing Ratio*) tidak boleh kurang dari 20 jika ditentukan berdasarkan kepadatan di lapangan
2) Gradasi (menurut pemadatan 95% Mod. AASHO) harus mengikuti pedoman yang diberikan pada Tabel 8-2.

Apabila jalan dibangun diatas tanggul yang didapatkan, maka daya dukung tanah dasarnya (tanah yang dipadatkan) biasanya cukup. Akan tetapi jika jalan itu tidak dibangun diatas tanggul yang didapatkan, maka harga CBR-nya paling tidak 6% Mod. AASHTO yang dipadatkan ditempat.

Gambar 8-3. menyajikan perkiraan harga-harga CBR tanah dilapangan yang dihubungkan dengan muka air tanah.

(2) Perkerasan dengan bitumen

Jalan inspeksi yang lebih penting yang dilewati oleh cukup banyak kendaraan komersial dapat dibuat dengan lapisan sub base 15 – 40 cm, lapisan base 15 cm dan lapisan permukaan dengan bitumen.

Tabel 8-2. Persyaratan Gradasi untuk Bahan Perkerasan dari Kerikil Alamiah

Ukuran Ayak	Prosentase yang Lolos Ayak Menurut Massa		
	Ukuran maks. 37,7 mm	Ukuran maks. 19,0 mm	Ukuran maks. 13,2 mm
37,500 mm	100		
19,000 mm	70 – 100	100	
13,200 mm	60 – 85	75 – 100	100
4,750 mm	40 – 60	50 – 75	60 – 100
2,000 mm	30 – 50	35 – 60	45 – 75
0,425 mm	15 – 40	15 – 45	25 – 50
0,075 mm	7 – 30	7 – 30	7 – 30

Tabel 8-3. dibawah ini menyajikan perkiraan harga-harga CBR tanah di lapangan dan tanggul saluran yang dihubungkan dengan muka air tanah.

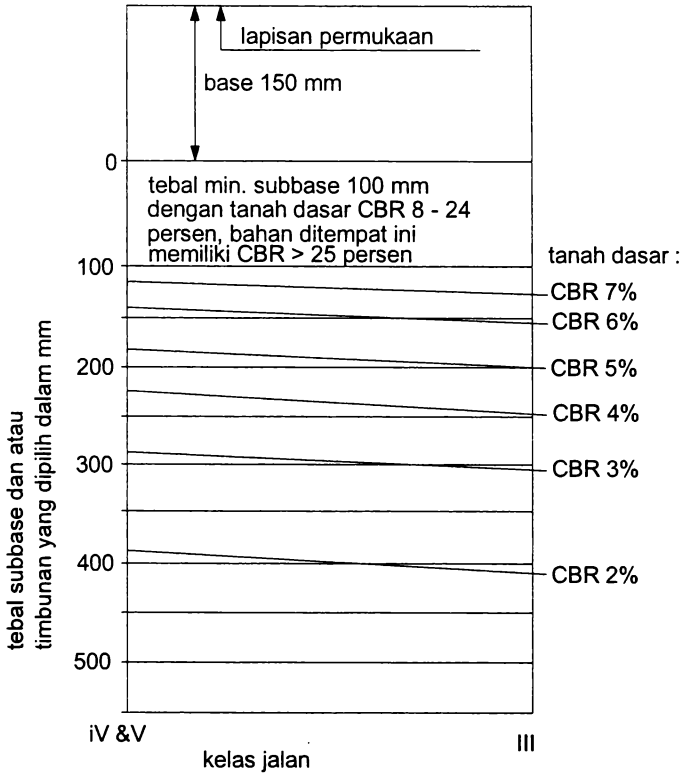
Tabel 8-3. Perkiraan Harga-Harga Minimum CBR untuk Perencanaan Tanah Dasar Dibawah Jalan Perkerasan yang Dipadatkan Sampai 95% dari Berat Isi Kering Maksimum *Proctor* (*Road Note* 31,1977)

Kedalaman Muka Air Tanah dari Ketinggian Formasi	**CBR Minimum (%)**					
	Pasir Non Plastik	**Lempung Pasiran PI=10**	**Lempung Pasiran PI=20**	**Lempung Pasiran PI=30**	**Lempung Pasiran PI > 40**	**Lanau**
	(PI = Indeks Plastisitas)					
0,60 mm	8	5	4	3	2	1
1,00 mm	25	6	5	4	3	2
1,50 mm	25	8	6	5	3	2
2,00 mm	25	8	7	5	3	3
2,50 mm	25	8	8	6	4	Lihat catatan
3,00 mm	25	25	8	7	4	3
3,50 mm	25	25	8	8	4	4
5,00 mm	25	25	8	8	5	
7,00 mm atau lebih	25	25	8	8	7	

CATATAN :

1. Karena harga-harga yang diberikan pada Tabel 8-3. merupakan perkiraan saja, maka bilamana mungkin harga-harga CBR tersebut hedaknya dites di laboratorium pada kandungan air tanah yang sesuai.
2. Tabel 8-3. tidak dapat dipakai untuk tanah-tanah yang mengandung mika atau zat-zat organik dalam jumlah yang cukup banyak. Tanah demikian biasanya dapat dikenali secara visual.
3. Uji CBR di laboratorium diperlukan untuk tanah dasar yang berupa lumpur murni dengan muka air tanah yang dalamnya lebih dari 1,0 m.

Tabel 8-3. dapat dipakai untuk mengklasifikasi subgrade dan jika dikombinasi dengan Gambar 8-3., maka tebal berbagai lapisan dapat diperkirakan.

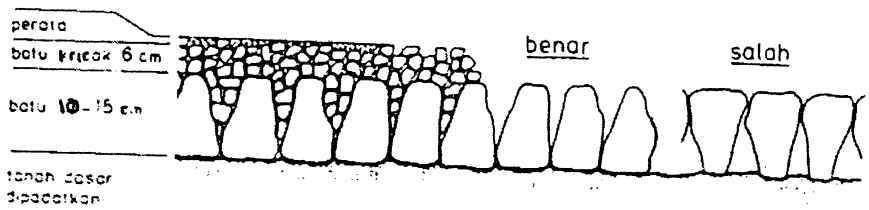


Gambar 8-2. Diagram Rencana Perkerasan untuk Perkerasan Fleksibel (*Road Note* 31, 1977)

Gambar 8-2. sebaiknya digunakan untuk jalan-jalan kelas III, IV dan V. Apabila harga CBR *subgrade* 25% atau lebih, maka tidak diperlukan sub base. Biasanya bahan *subbase* adalah kerikil atau campuran pasir – kerikil lempung yang terjadi secara alamiah.

Base yang bagus dan biasa digunakan adalah tipe makadam ikat – air (*water – bound macadam tipe*). Ini dibuat terutama dari kricak (batu – batu pecahan). Tipe macadam ikat – air berupa lapisan-lapisan batu berukuran seragam yang besar nominalnya 37,5 sampai 50 mm. Segera setalah lapisan diletakkan, bahan halus dituang dan disiram dengan air di permukaan agar bahan menjadi padat. Tebal masing-masing lapisan yang dipadatkan tidak boleh kurang dari 6 mm ukuran maksimum, lebih

disukai yang bergradasi baik dan bahan ini harus nonplastis. Bila konstruksi makadam akan dikerjakan dengan tangan, hendaknya di pakai ukuran-ukuran batu yang seragam 10 sampai 15 cm (lihat Gambar 8-3.).



Gambar 8-3. Konstruksi Makadam yang Disusun dengan Tangan

Batu-batu yang lebih besar akan ditempatkan di sepanjang tepi perkerasan.

Rongga dan celah-celah antara batu yang ditempatkan pada pondasi diisi dengan batu-batu yang berukuran lebih kecil atau dengan bahan-bahan halus. Kemudian lapisan itu disiram air sampai semua bahan halis dan batu yang lebih kecil bisa masuk. Base batu tersebut didapatkan dengan mesin gilas (*flat wheel roller* seberat 8 – 10 ton).

Permukaan makadam ikat – air (WBM) tersebut lalu dilapisi dengan bahan bitumen.

Pelapisan permukaan ini terdiri dari penyemprotan permukaan WBM denganbahan bitumen yang dicampur dengan agregat mineral seperti pecahan batu, kricak halus atau kerikil dan pasir kasar. Tujuannya adalah untuk membuat alas yang keras dan kedap air dengan agregat, pasir kasar atau batu kricak halus setebal 20 – 10 mm.

Jumlah bahan pengikat dan bahan-bahan aus yang diperlukan di sajikan pada Tabel 8-4.

11.1.4 Pembuang

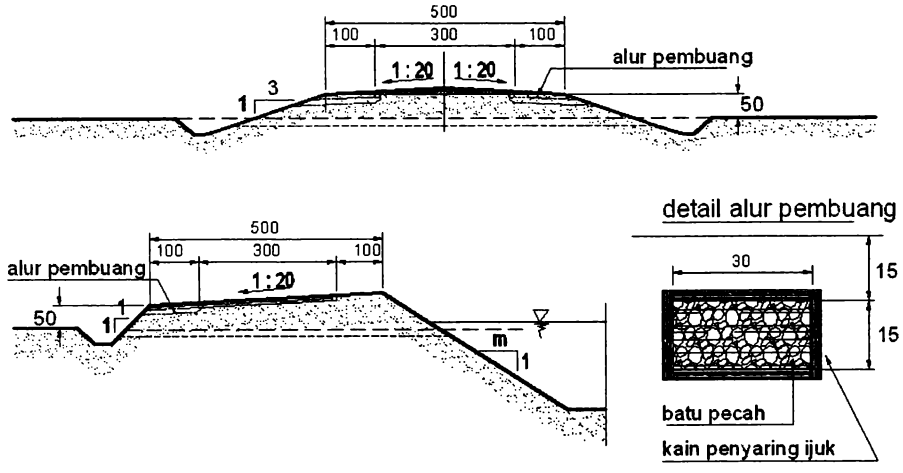
Pembuangan air dipermukaan jalan dan lapisan *subbase* sangat penting dalam

pembuatan jalan perkerasan. Pembuangan air di permukaan dilakukan dengan membuat kemiringan melintang permukaan jalan (1:20) umumnya kemiringan itu menjauh dari tengah jalan, tapi kalau jalan itu terletak diatas tanggul jauh dari air saluran irigasi atau pembuang.

Tabel 8-4. Jumlah Bahan Pengikat dan Perata untuk Perkerasan Permukaan (dari ESCAP, 1981)

Ukuran Nominal mm	Jumlah Agregat per 10 m², m^3	Bitumen per 10 m², kg	Terjalan per 10 m², kg	Penyusutan Pengikat per 10 m², kg	Emulasi per 10 m², kg kg
Untuk lapisan pertama pada WBM					
12,5	0,14 - 0,15	17,1 - 19,5	17,1 - 22,0	19,5 - 22,0	Bergantung pada kandungan bitumen

Pembuatan air dilapisan sub-base dan base dapat dilakukan dengan memperpanjang lapisan ini sampai ke parit pembuang atau dengan membuat alur pembuang dari batu pecahan kasar setiap jarak 10 m. Lebar alur ini harus 0,30 m dengan tinggi 0,15 m. Batu-batu atau pecahan-pecahan batu di dalam alur pembuang ini harus dilengkapi dengan bahan filter, yakni ijuk.



Gambar 8-4. Potongan Melintang Jalan dengan Perkerasan

11.2 Jembatan

11.2.1 Tipe

Tipe-tipe jembatan yang dibicarakan di sini adalah jembatan kendaraan yang dipakai di jalan inspeksi, penyeberangan saluran, pembuang atau sungai, jembatan orang (*footbridge*), jembatan ternak dan jembatan eksploitasi.

Jembatan-jembatan di jalan raya, yang berada diluar wewenang dinas pengairan, hendaknya direncana menurut Standar Bina Marga. Untuk keperluan ini Bina Marga telah menetapkan Standar Perencanaan Jembatan.

11.2.2 Pembebanan

Pembebanan jembatan diberikan dalam, Bagian KP-06 – Parameter Bangunan.

11.2.3 Bangunan Atas

Untuk jembatan-jembatan pada jalan Kelas I dan II perencanaan dan gambar-gambar standartnya sudah ada dari Bina Marga (lihat Gambar 8-7.). Jembatan-jembatan pada jalan kelas III, IV dan V adalah jembatan-jembatan pelat beton bila bentangannya kurang dari 5 m. Untuk bentangan yang lebih besar dipakai balok T (lihat Gambar 8-5.).

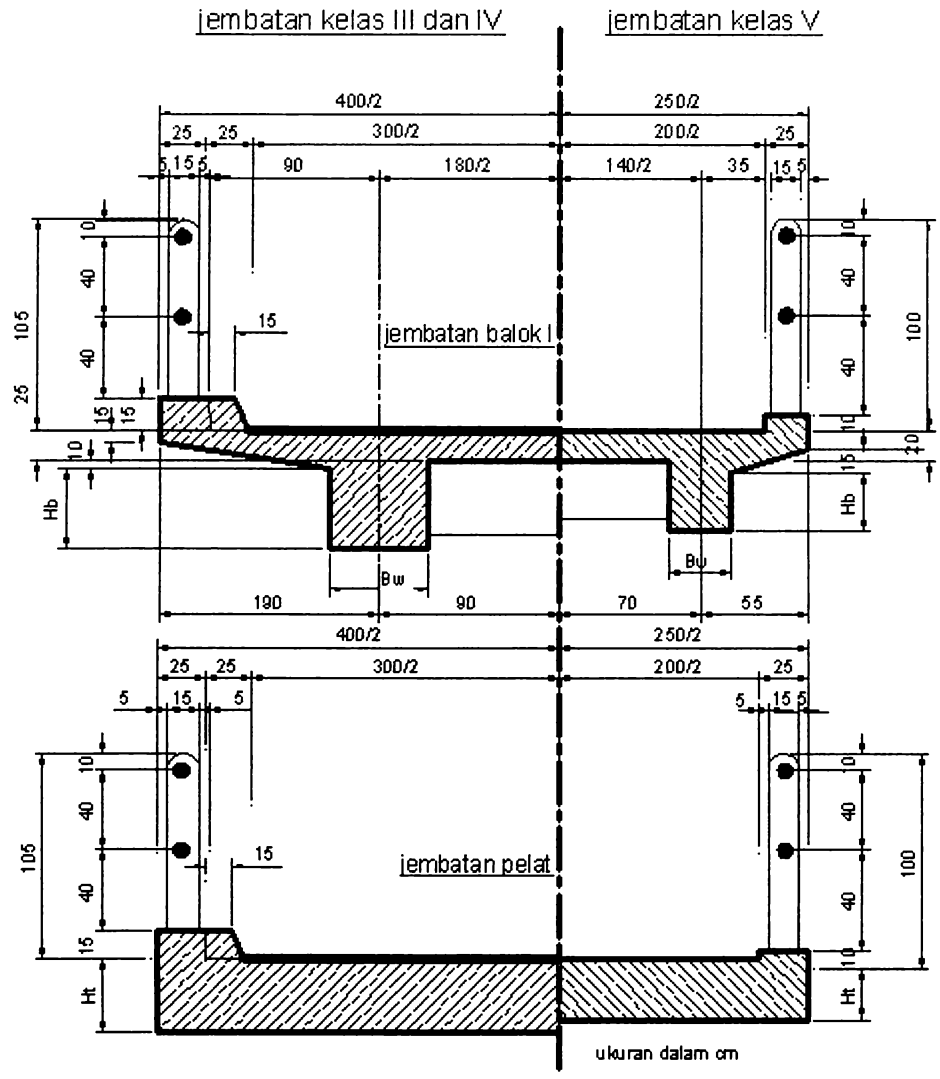
Bahan-bahan lain bisa dipakai untuk membuat jalan inspeksi dan jembatan orang, jika bahan-bahan itu tidak mahal. Kayu dan baja atau bahan komposit (baja dikombinasi dengan beton) sering dipakai untuk membuat jembatan. Khusus untuk jembatan orang yang ringan bebannya dan dapat mempunyai bentang yang lebih besar, jembatan kayu atau baja lebih ekonomis daripada jembatan beton.

Biaya pemeliharaan yang tinggi dan umur bangunan yang labil pendek pada jembatan kayu dan jembatan baja, sebaiknya dipertimbangkan dalam evaluasi.

11.2.4 Pondasi dan Tiang Pancang

Lantai jembatan terletak diatas tumpu (*abutment*) di kedua sisi saluran. Tumpu meneruskan berat beban ke pondasi. Untuk jembatan yang bentangnya besar, diperlukan satu atau lebih tiang pancang di saluran guna mendukung bangunan atas agar mengurangi beban tumpu.

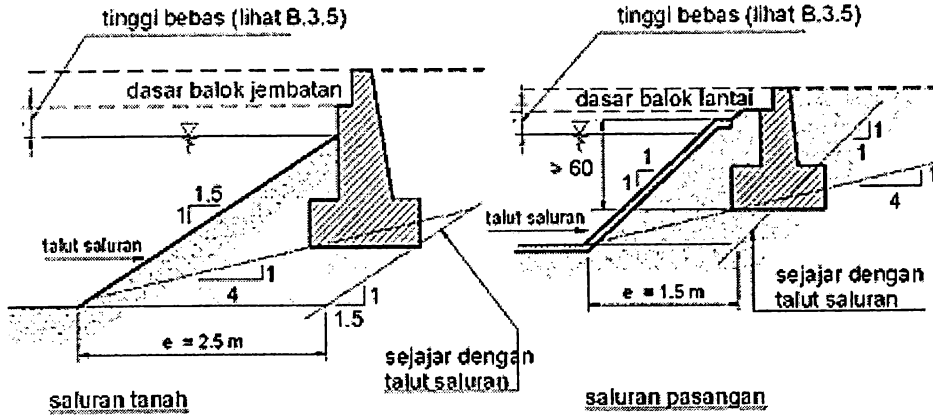
Biasanya pondasi berupa "telapak sebar" (*spread footing*). Bila beban lebih besar dan daya dukung tanah bawah tidak cukup kuat, dipakai tiang pancang. Tiang pancang dapat dibuat dari beton, baja atau kayu.



Gambar 8-5. Tipe Potongan Melintang Jembatan Balok T dan Jembatan Pelat

Kedalaman pondasi tumpu diberikan pada Gambar 8-6. Dari Gambar tersebut tampak bahwa pangkal jembatan harus berada dibawah garis dengan kemiringan 1 sampai 4 dari dasar saluran, ataudibawah garis, paralel dengan kemiringan samping pada jarak 1,50 m untuk saluran pasangan dan 2,50 m untuk saluran tanah. Untuk bagian yang diberi pasangan, sebaiknya kedalam pondasi diambil sekurang –

kurangnya 0,60 m dibawah permukaan pasangan.



Gambar 8-6. Kedalaman Pondasi untuk Tumpuan Jembatan

Tiang pancang jembatan di saluran harus ditempatkan sekurang – kurangnya 1,0 m dibawah elevasi dasar. Pada saluran tanpa pasangan, di sekitar tiang pancang perlu diberi lindungan sepanjang tidak kurang dari kedalaman air di sekitar tiang pancang tersebut (lihat Gambar 8-7.).

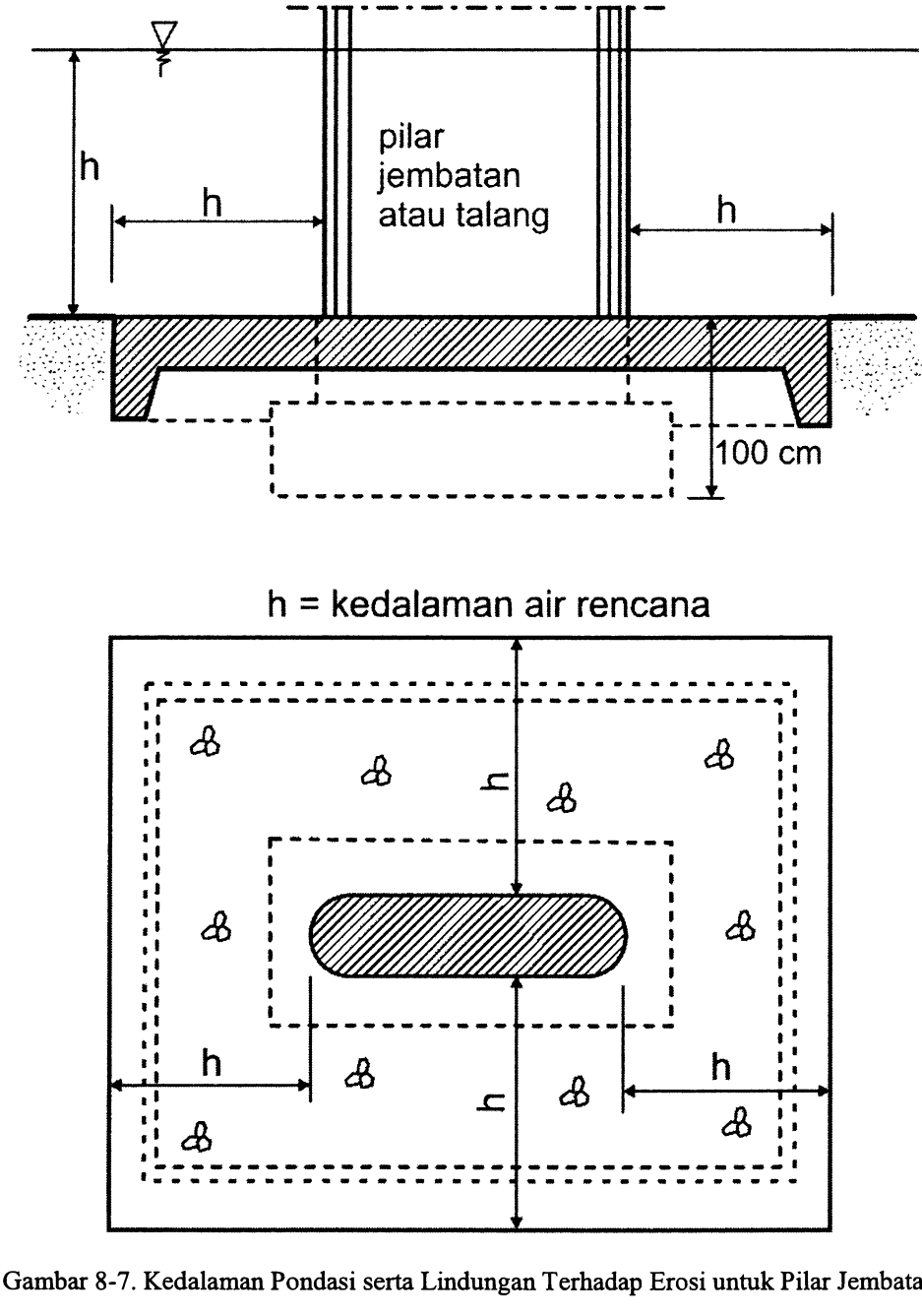
11.2.5Ruang Bebas

Ruang bebas jembatan paling tidak harus 0,30 m atau sama dengan setengah tinggi jangan saluran. Untuk saluran pembuang jagaan tinggi minimum harus diambil seperti Tabel 8-5. sebagai berikut:

Tabel 8-5. Hubungan Debit dan Tinggi Jagaan

Debit, m^3/dt	Tinggi Jagaan, m
$Q < 10$	0,30
$10 < Q < 25$	0,40
$Q > 25$	0,50

Untuk jembatan-jembatan sungai, tinggi jagaan harus lebih besar dari 1,50 m, menurut Standar Bina Marga.



Gambar 8-7. Kedalaman Pondasi serta Lindungan Terhadap Erosi untuk Pilar Jembatan

BAB IX
BANGUNAN–BANGUNAN PELENGKAP

12.1 Tanggul

12.1.1 Kegunaan

Tanggul dipakai untuk melindungi daerah irigasi dari banjir yang disebabkan oleh sungai, pembuang yang besar atau laut. Biaya pembuatan tanggul banjir bisa menjadi sangat besar jika tanggul itu panjang dan tinggi. Karena fungsi lindungnya yang besar terhadap daerah irigasi dan penduduk yang tinggal di daerah-daerah ini, maka kekuatan dan keamanan tanggul harus benar-benar diselidiki dan direncana sebaik-baiknya.

12.1.2 Bahan

Biasanya tanggul dibuat dari bahan timbunan yang digali di dekat atau sejajar dengan garis tanggul. Apabila galian dibuat sejajar dengan lokasi tanggul, maka penyelidikan untuk pondasi dan daerah galian dapat dilakukan sekaligus. Untuk tanggul-tanggul tertentu, mungkin perlu membuka daerah sumber bahan timbunan khusus di luar lapangan dan mengangkutnya ke lokasi. Jika kondisi tanah tidak stabil mungkin akan lebih ekonomis untuk memindahkan lokasi tanggul daripada menerapkan metode pelaksanaan yang mahal.

The Unified Soil Classification System (Lihat KP–06 Parameter Bangunan) memberikan sistem yang sangat bermanfaat untuk menentukan klasifikasi tanah yang perlu diketahui dalam pelaksanaan tanggul dan pondasi.

Tabel A.2.7, Lampiran II memberikan rangkuman data-data penting tanah yang mempengaruhi pemilihan bahan.

12.1.3 Debit Perencanaan

Elevasi tanggul hilir sungai dari bangunan utama didasarkan pada tinggi banjir dengan periode ulang 5 sampai 25 tahun (Q 5 tahunan untuk hutan tapi untuk melindungi perkotaan Q 25 tahunan).

Periode ulang tersebut (5 - 25 tahun) akan ditetapkan berdasarkan jumlah penduduk yang terkena akibat banjir yang mungkin terjadi, serta pada nilai ekonomis tanah dan semua prasarananya. Biasanya di sebelah hulu bangunan utama tidak akan dibuat tanggul sungai untuk melindungi lahan dari genangan banjir.

12.1.4 Trase

Tanggul di sepanjang sungai sebaiknya direncana pada trase pada jarak yang tepat dari dasar air rendah. Bila hal ini tidak mungkin, maka harus dibuat lindungan terhadap erosi di sepanjang tanggul.

Adalah perlu untuk membuat penyelidikan pendahuluan mengenai lokasi tanggul guna menentukan:

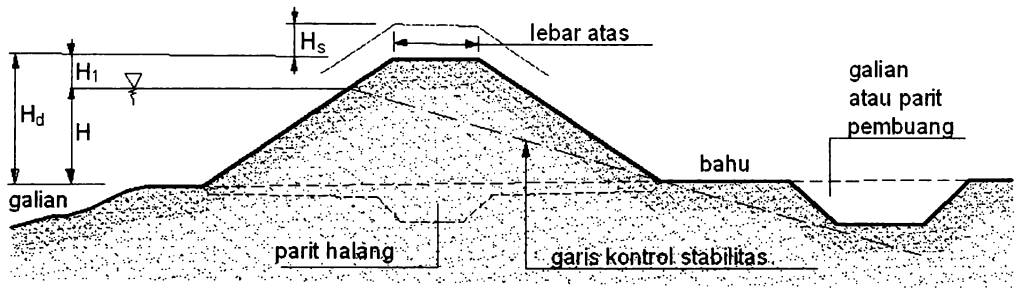
1. Perkiraan muka air banjir (tinggi dan lamanya).
2. Elevasi tanah yang akan dilindungi.
3. Hak milik yang dilibatkan.
4. Masalah-masalah fisik yang sangat mungkin dijumpai, terutama kondisi tanah karena ini erat hubungannya dengan kebutuhan pondasi dan galian timbunan.
5. Tata guna tanah dan peningkatan tanah pertanian guna menilai arti penting daerah yang akan dilindungi dari segi ekonomi.

12.1.5 Tinggi Jagaan

Tinggi rencana tanggul (H_d) akan merupakan jumlah tinggi muka air rencana (H) dan tinggi jagaan (H_f). Ketinggian yang dibuat itu termasuk longgaran untuk

kemungkinan penurunan (H_s), yang akan bergantung kepada pondasi serta bahan yang dipakai dalam pelaksanaan. Tinggi muka air rencana yang sebenarnya didasarkan pada profil permukaan air.

Tinggi jagaan (H_f) merupakan longgaran yang ditambahkan untuk tinggi muka air yang diambil, termasuk atau tidak termasuk tinggi gelombang. Tinggi minimum jangaan tanggul sebaiknya diambil 0,60 m.



Gambar 12-1. Potongan Melalui Tanggul

12.1.6Lebar Atas

Untuk tanggul tanah yang direncana guna mengontrol kedalaman air ≤ 1,50 m, lebar atas minimum tanggul dapat diambil 1,50 m. Jika kedalaman air yang akan dikontrol lebih dari 1,50 m, maka lebar atas minimum sebaiknya diambil 3,0 m. Lebar atas diambil sekurang-kurangnya 3,0 m jika tanggul dipakai untuk jalur pemeliharaan.

12.1.7Kemiringan Talut

Pada Tabel 9-1. dibawah ini diberikan harga-harga kemiringan talut. Penggunaan harga-harga itu dianjurkan untuk tanggul tanah homogen pada pondasi stabil yang tingginya kurang dari 5 m.

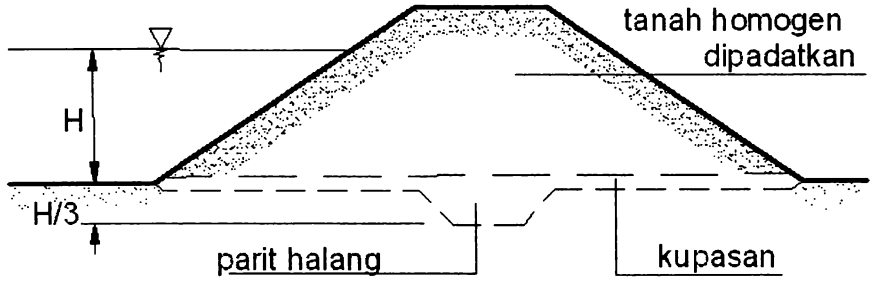
Jika pondasi tanggul terdiri dari lapisan-lapisan lulus air atau lapisan yang rawan terhadap bahaya erosi bawah tanah (piping), maka harus dibuat parit halang (*cut-off*

trench) yang dalamnya sampai 1/3 dari kedalaman air. Lihat Gambar 9-2.

Tabel 12-1. Harga-Harga Kemiringan Samping yang Dianjurkan untuk Tanggul Tanah Homogen (menurut USBR, 1978)

Klasifikasi Tanah[1)]	**Kemiringan Sungai**	**Kemiringan Talut Tanah**
GW, GP, SW, SP	Lulus air, tidak dianjurkan	
GC, GM, SC, Sm	1:2,5	1:2,0
CL, ML	1:3,0	1:2,5
CH, MH	1:3,5	1:2,5

[1)] Menurut *The Unified Soil Classification System* (lihat KP 06 Tabel 2-4.)



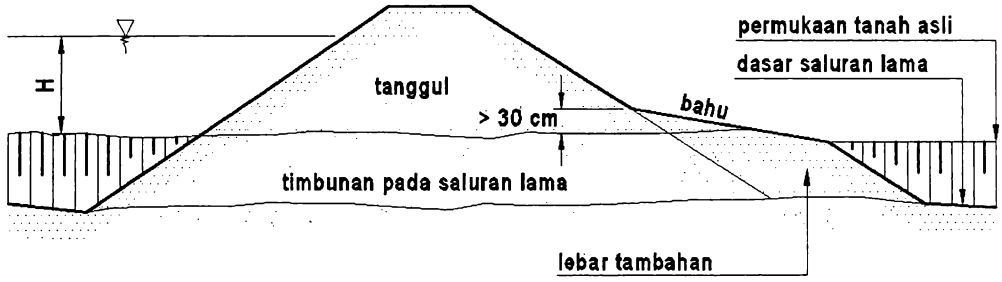
Gambar 12-2. Potongan Melintang Tanggul

12.1.8 Stabilitas Tanggul

Tanggul yang tingginya lebih dari 5 m harus dicek stabilitasnya dengan metode stabilitas tanggul yang dianggap sesuai. Metode yang disarankan dijelaskan dalam Bagian KP-06 Parameter Bangunan.

Apabila tanggul melintas saluran lama, maka dasar tanggul harus diperlebar di bagian samping luar. Lebar tambahan ini sekurang-kurangnya sama dengan tinggi tanggul (Hd) diatas elevasi asli tanah. Bagian atas dasar yang diperlebar sebaiknya tidak kurang dari 0,30 m diatas elevasi asli tanah serta kemiringannya harus cukup agar air

dapat melimpas dari tanggul. Kemiringan timbunan tambahan tidak boleh lebih curam dari kemiringan asli tanggul. Lihat Gambar 9-3.



Gambar 12-3. Dasar yang Diperlebar pada Lintasan Saluran

Untuk tanggul dengan kedalaman air rencana (H pada Gambar 9-1.) lebih dari 1,50 m, maka tempat galian bahan harus cukup jauh dari tanggul agar stabilitasnya dapat dijamin. Garis yang ditarik dari garis air rencana pada permukaan tanggul melalui pangkal asli tanggul (jika diperlebar) sebaiknya lewat dari bawah potongan melintang galian bahan. Lihat Gambar 9-1.

Jika tanggul mempunyai lebar atas yang kecil/sempit, maka bahu (*berm*) bagian tambahan harus cukup lebar guna mengakomodasi jalur pemeliharaan selama muka air mencapai ketinggian kritis. Fasilitas ini harus disediakan di semua potongan jika bagian atas tanggul tidak dipakai sebagai jalur pemeliharaan.

Galian bahan yang ada disepanjang tepi air harus dibuat dengan interval tertentu guna memperlambat kecepatan air yang mengalir disepanjang pangkal timbunan. Galian semacam ini juga berfungsi sebagai tempat menyeberangkan alat-alat pemeliharaan selama muka air rendah. Intervalnya tidak lebih dari 400 m dan lebar minimum 10 m.

12.1.9 Pembuang

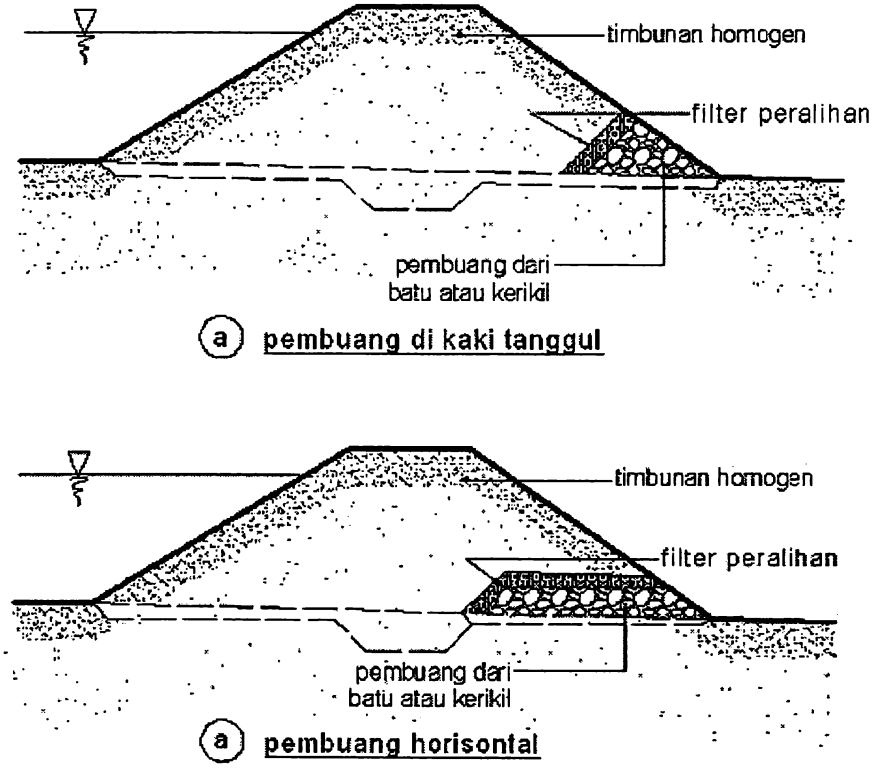
Fasilitas pembuang harus disediakan untuk tanggul yang harus menahan air untuk jangka waktu yang lama (tanggul banjir biasanya tidak diberi pembuang).

Pembuang terdiri dari:

i) Parit dipangkal tanggul

ii) Saringan pemberat (*reverse filter*), baik yang direncanakan sebagai pembuang pangkal tanggul maupun sebagai pembuang horizontal (untuk perencanaan filter lihat subbab 6.6.1)

Untuk tipe-tipe pembuang yang disebut terakhir ini Gambar 9-4.



Gambar 12-4. Pembuang pada Tanggul

12.1.10 Lindungan

Lindungan lereng terhadap erosi oleh aliran air, baik yang berasal dari hujan maupun sungai, bisa berupa tipe-tipe berikut:

- Rumput
- Pasangan batu kosong
- Pasangan (*lining*)
- Bronjong

Rumput pelindung yang memadai hendaknya diberikan pada permukaan-permukaan tanggul untuk melindunginya dari bahaya erosi akibat limpasan air hujan pada tanggul.

Sedangkan jenis-jenis lindungan lainnya dipakai untuk lindungan terdapat aliran air di sungai atau saluran. Karena ketiga jenis yang lain ini cukup mahal, mereka hanya digunakan untuk bentang pendek.

12.2 Fasilitas Eksploitasi

12.2.1 Komunikasi

Komunikasi merupakan hal pokok bagi jaringan irigasi yang dikelola dengan baik. Disini akan ditinjau dua metode komunikasi:

(1) Komunikasi fisik (dengan jaringan jalan)
(2) Komunikasi nonfisik (dengan radio, telepon)

Pentingnya jaringan jalan yang memadai sudah jelas. Jaringan jalan tidak hanya diperlukan untuk inspeksi dan jalan masuk ke daerah irigasi, tetapi juga untuk angkutan bahan ke lokasi dan angkutan hasil-hasil produksi ke luar daerah dan ke pasar.

(i) Jaringan Jalan

Untuk keperluan-keperluan ekspoitasi dan pemeliharaan (E&P), jaringan jalan harus

dibangun di sepanjang urat nadi jaringan irigasi, yaitu saluran primer dan sekunder. Selain itu untuk keperluan pengangkutan hasil panen serta untuk jalan masuk alat pertanian seperti traktor, maka perlu dilengkapi jalan petani ditingkat jaringan tersier dan kuarter sepanjang itu memang diperlukan oleh petani setempat dan dengan persetujuan petani setempat pula, karena banyak ditemukan di lapangan jalan petani yang rusak atau tidak ada sama sekali sehingga akses petani dari dan ke sawah menjadi terhambat, terutama untuk petak sawah yang paling ujung.

Jalan juga harus dibangun di sepanjang saluran-saluran pembuang yang besar dan diatas tanggul-tanggul banjir. Konstruksi jalan-jalan tersebut harus dibangun memadai agar dapat memenuhi kebutuhan keluar – masuknya staf E&P di daerah proyek, khususnya selama musim hujan.

Bangunan-bangunan penting harus mudah dicapai sewaktu turun hujan lebat. Jika kurang berfungsi maka bangunan-bangunan itu akan membahayakan keselamatan proyek dan penduduk yang bermukim di daerah itu.

Kriteria bangunan untuk jalan telah dibahas dalam Bab 8. Dalam hubungan ini, perencana jaringan jalan perlu memikirkan sarana angkutan yang dipakai oleh Staf E&P dan para pengguna lain jaringan ini. Berdasarkan kategori sarana angkutan/transpor dan perkiraan volume lalu lintas, perencana akan menentukan kelas jalan dan parameter-parameter bangunannya.

(ii) Jaringan Radio dan Telepon

Jaringan komunikasi telepon dan radio sama pentingnya dalam kegiatan eksploitasi jaringan irigasi. Kedua jaringan, jalan dan telepon/radio, harus diinstalasi dan saling melengkapi satu sama lain.

Jaringan telepon dan radio mempunyai kelebihan-kelebihan dan kelemahan-kelemahannya masing-masing. Beberapa diantaranya:

- Pemasangan jaringan telepon lebih mahal, tetapi di daerah-daerah yang lebih

berkembang, perangkat kerasnya (misalnya tiang telepon) sudah ada

- Jaringan telepon dapat dihubungkan ke jaringan umum; ini memungkinkan untuk berhubungan dengan lebih baik banyak orang.
- Saluran telepon mudah rusak, khususnya selama hujan badai, justru sewaktu sarana ini paling dibutuhkan
- Sambungan radio murah pemasangannya
- Persediaan tenaga (kebanyakan digunakan baterai) tidak bisa diandalkan jika sistem penyediaan tenaga umum tidak ada
- Jarak yang bisa diliput oleh pemancar radio terbatas akibat jangkauan gelombang radio yang terbatas (biasanya FM)

Karena alasan-alasan diatas, maka cara pemecahan yang dianjurkan adalah membuat suatu sistem komunikasi yang merupakan kombinasi antara sambungan telepon dan radio pemancar/penerima.

12.2.2 Kantor dan Perumahan Staf

Perumahan harus disediakan untuk staf lapangan, seperti misalnya Juru Pengairan, Mantri Pengairan dan Pengamat. Para petugas lapangan bermukim di lapangan dekat dengan daerah kerja mereka atau dengan bangunan yang menjadi tanggung jawabnya.

Rumah-rumah ini digolong-golongkan menurut pangkat pegawai (dalam meter persegi). Biasanya rumah-rumah ini mempunyai luas lantai 36 m^2 (juru pengairan), 50 m^2 (pengamat pengairan) atau 70 m^2 (kepala seksi pengairan). Pengamat memerlukan sebuah kantor kecil ($K \approx 36$ m^2) yang biasanya merupakan salah satu bagian dari rumahnya.

Standar untuk rumah-rumah ini diberikan oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya bekerja sama dengan para pejabat setempat seperti Dinas Pekerjaan umum dan Direktorat Tata Bangunan.

Luas lantai untuk kantor-kantor Kepala Seksi juga distandarisasi disetiapProvinsi.

12.2.3 Sanggar Tani

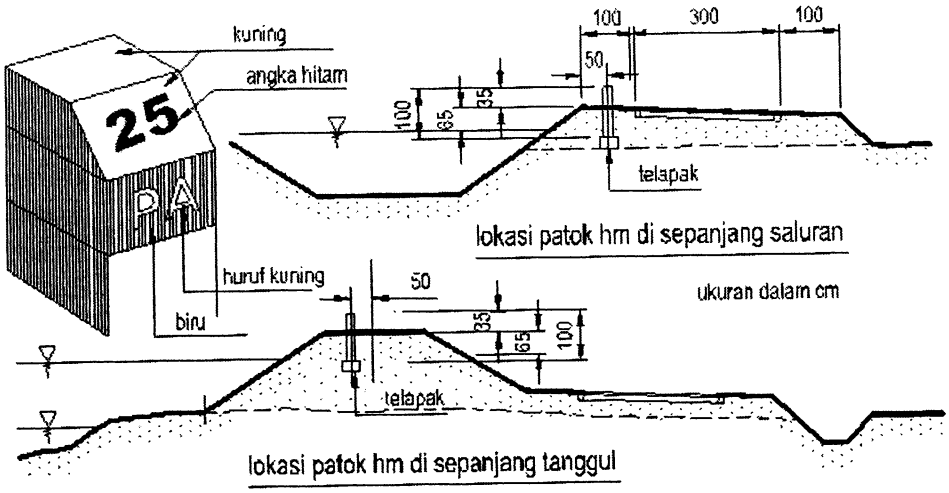
Sanggar tani sebagai sarana untuk interaksi antar petani, dan antara petani dan petugas irigasi dalam rangka memudahkan penyelesaian permasalahan yang terjadi di lapangan. Pembangunannya disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi petani setempat serta letaknya di setiap bangunan sadap/*offtake* tersier dan bangunan bagi sekunder.

Disarankan pada *offtake* tersier berukuran 3 x 3 m^2 sedangkan dibangunan bagi berukuran 3 x 4 m^2, sedangkan konstruksinya bangunan beratap tanpa dinding.

12.2.4 Patok Hektometer

Untuk mempermudah identifikasi dan orientasi di lapangan, patok-patok hektometer harus ditempatkan di sepanjang saluran primer dan sekunder dan disepanjang tanggul. Patok-patok ini akan menunjukkan (singkatan) nama saluran irigasi dan pembuang dari awal saluran atau tanggul dalam hektometer (100 m), dan singkatan nama saluran.

Gambar 9-5. menyajikan contoh patok hektometer dan penempatannya.

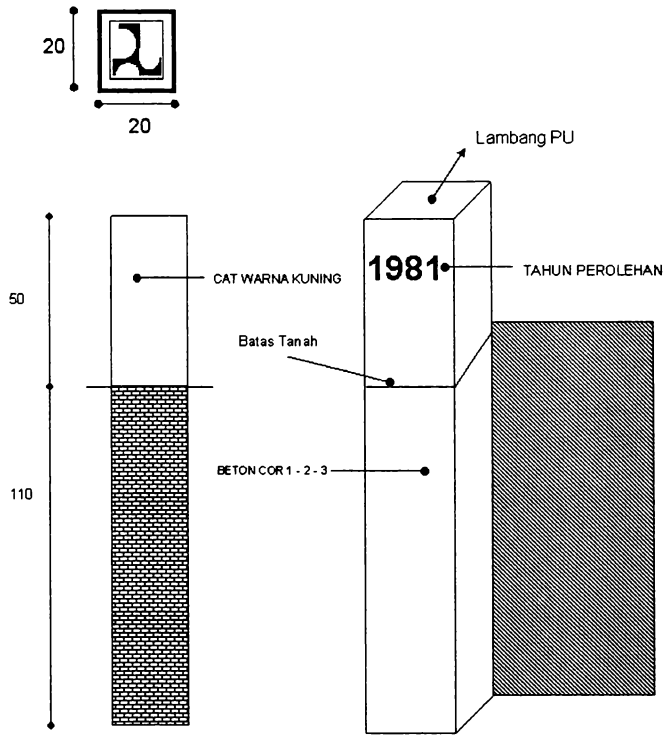


Gambar 12-5. Patok Hektometer

12.2.5 Patok Sempadan

Setelah proses pembebasan tanah selesai dilaksanakan, ditindaklanjuti pemasangan patok tetap sepanjang garis sempadan dengan jarak maksimal 100 m pada saluran relatif lurus, maksimal setiap 25 m pada tikungan saluran atau lebih rapat sesuai dengan garis lingkar tikungan. Setiap patok ditetapkan koordinatnya, dipetakan, dan disahkan oleh pejabat yang berwenang.

Ukuran patok 20 x 20 cm, tinggi 1,6 m (1,60 m beton cor 1: 2 : 3 dan 1,10 m ditanam 0,50 m dicat kuning) sesuai Permen PU No 22/PRT/M/2006 tentang Pengamanan dan Perkuatan Hak atas Tanah Departemen PU.



Gambar 12-6. Patok Sempadan

12.2.6Pelat Nama

Pelat nama untuk saluran dan bangunan berfungsi untuk mempermudah identifikasi. Pelat-pelat tersebut harus menunjukkan nama saluran dan daerah yang diairi dalam ha. Pelat-pelat itu ditempatkan diawal saluran pada lereng dalam. Pelat nama untuk setiap bangunan harus dipasang ditempat yang benar pada bangunan tersebut. Untuk setiap pintu yang merupakan bagian dari bangunan bagi, namanya harus ditunjukkan dengan baja atau pada skala liter (untuk alat ukur *Romijn*).

Pelat nama memiliki ukuran standar tersendiri; lihat Standar Bangunan Irigasi, BI – 02.

12.2.7 Papan Pasten

Papan pasten dipasang di setiap bangunan sadap atau bagi. Ukuran dan tulisan pada papan pasten distandarisasi (lihat Standar Bangunan Irigasi BI – 02). Juru pintu akan mengisi papan-papan ini secara teratur dengan data-data sebenarnya mengenai setelah pintu dan besar debit. Petani dapat membaca dan mencek apakah pembagian air ditangani sebagaimana mestinya.

Papan pasten juga menunjukkan berbagai daerah dengan tanamannya serta tahap pertumbuhan tanaman-tanaman tersebut.

12.2.8 Papan Duga Muka Air

Papan duga untuk membaca tinggi muka air di saluran terbuat dari pelat baja yang dilapisi bahan logam enamel. Warna-warna yang digunakan adalah putih untuk alas dan biru untuk huruf dan angka.

Papan duga mempunyai ukuran-ukuran yang diberikan pada Standar Bangunan Irigasi, BI – 02.

Penempatan papan duga bergantung pada pemanfaatan papan tersebut. Untuk bangunan -bangunan utama atau sungai papan ini dipasang dengan ketinggian nol pada mercu bendung atau pada evaluasi yang tepat sesuai dengan ketinggian titik nol yang dipakai.

Papan duga untuk alat ukur *Romijn* hanya memberikan tinggi muka air relatif saja dan pembacaan yang sama disaluran dan pada skala cm pada kerangka bangunan.

Untuk alat ukur *Crump-de Gruyter* tinggi titik nol papan duga harus sesuai dengan tinggi ambang pintu itu yang menunjukkan kedalam air diatas ambang.

Papan duga yang dipasang pada bangunan dan dipakai untuk menyetel pintu (dan debit) dibuat dari aluminium dengan garis-garis dan huruf-huruf yang digoreskan. Penggunaan baja berlapis enamel untuk papan-papan duga ini tidak dianjurkan karena

mudah rusak dan tidak terbaca.

12.2.9 Pintu

Pintu bangunan di saluran biasanya dibuat dari baja. Dalam Standar Bangunan Irigasi (BI – 02) diberikan detail-detail lengkap mengenai ukuran dan tipe standar pintu. Ketiga tipe pintu standar adalah :

- Pintu gerak *Romijn*
- Pintu *Crump – de Gruyter*
- Pintu Sorong

Pintu-pintu lain diberikan seperti pada Tipe Bangunan Irigasi, BI – 01.

Pintu-pintu sorong dengan bukaan lebar biasanya dibuat dari kayu yang lebih murah untuk ukuran ini.

Untuk pintu-pintu yang besar atau kompleks pintu biasanya dibuat rumah pintu untuk tenaga eksploitasi agar terlindung dari keadaan cuaca.

Pintu-pintu radial bisa mempunyai keuntungan-keuntungan ekonomis bila bangunan dimana pintu ini dipasang dibuat dari beton. Pada bangunan-bangunan dari pasangan batu, gaya-gaya harisontal pada as menimbulkan masalah-masalah konstruksi.

Pintu keluar (*outlet*) pembuang adalah tipe pintu khusus karena harus dapat menghalangi air yang telah dibuang agar tidak mengalir kembali ke daerah semula jika muka air di luar lebih tinggi dari muka air di dalam pembuang. Keadaan ini dapat terjadi pada pembuang ke sungai, pada waktu sungai banjir atau pada pembuang ke laut yang dipengaruhi oleh pasang–surutnya air laut. Subbab 7.4. memberikan beberapa contoh pintu otomatis yang bisa dipakai untuk keperluan-keperluan ini. Tetapi biasanya dipakai tipe pintu katup yang lebih sederhana (lihat Tipe Bangunan Irigasi, BI – 01).

12.2.10 AWLR

Mengingat semakin meningkatnya pemanfaatan sumber daya air untuk berbagai keperluan serta kecenderungan menurunnya kontinuitas ketersediaan air. Maka perlu dilakukan penghematan atau efisiensi pemanfaatan air untuk irigasi yang merupakan pemanfaatan air yang paling besar.

Dengan mempertimbangkan pemikiran diatas maka pada setiap daerah irigasi perlu dipasang alat pengukur debit air secara kontinyu. Untuk itu pada awal saluran induk perlu dipasang *Automatic Water Level Recorder* (AWLR).

AWLR adalah alat perekam tinggi muka air secara kontinyu, dengan menggunakan *rating curve* yang sesuai akan dengan mudah diketahui debit serta volume dari air yang melewati alat ini.

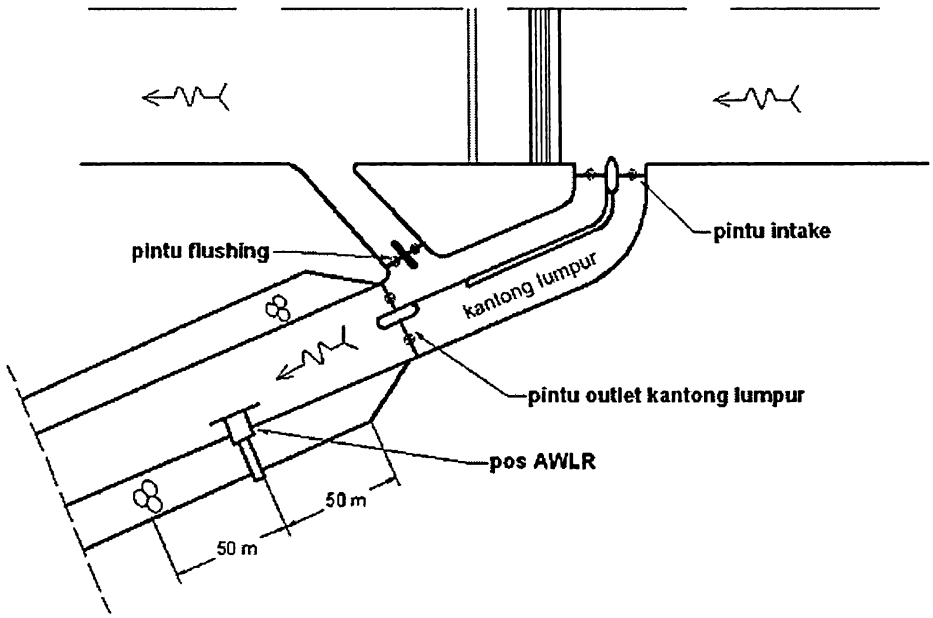
AWLR hanya dipasang pada daerah irigasi yang mempunya areal lebih besar atau sama dengan 1.000 ha, dan dipasang di saluran induk setelah air masuk pintu intake dan melewati kantong lumpur (jika direncanakan dengan kantong lumpur).

Tipe AWLR terdiri dari 2 tipe, yaitu tipe pencatatan grafik dan tipe pencatatan digital.

Tipe pencatatan digital lebih praktis karena pencatatan sudah langsung berupa besaran numerik, namun harganya lebih mahal dari AWLR tipe pencatatan grafis.

Adapun pertimbangan pemilihan lokasi pemasangan AWLR adalah sebagai berikut:

1. Saluran harus merupakan saluran pasangan beton, supaya aliran air tidak bergelombang.
2. Jarak dari pintu *outlet* kantong lumpur (jika direncanakan dengan kantong lumpur) atau dari pintu intake adalah 50 m.
3. Saluran harus lurus mulai dari pintu *outlet* kantong lumpur (jika direncanakan dengan kantong lumpur) atau dari pintu intake sampai 50 m di *downstream* stasiun AWLR.



Gambar 12-7. Lokasi Penempatan AWLR

12.3 Bangunan-Bangunan Lain

Bangunan-bangunan yang diuraikan disini dibangundisepanjang saluran untuk (1) untuk pengamanan selama terjadi situasi yang berbahaya, atau (2) memperlancar aliran di saluran tanpa merusakkan lereng, atau (3) untuk menciptakan alternatif agar air juga bisa dipakai untuk ternak (kerbau dsb).

12.3.1 Peralatan Pengaman

Para perencana harus menyadari bahaya yang ditimbulkan oleh bangunan yang direncana terhadap keamanan umum, terutama anak-anak.

Peralatan pengaman dimasukkan untuk mencegah orang atau ternak masuk ke saluran, atau membantu keluar orang-orang yang dengan atau tidak masuk ke dalam saluran. Peralatan pengaman yang dapat dipakai adalah pagar, pegangan/sandaran, tanda bahaya, kisi-kisi penyaring, tangga dan penghalang di depan lubang masuk

pipa. Karena peralatan pengaman mahal harganya, maka harus benar-benar diselidiki apakah alat-alat itu memang perlu dipasang.

Paling tidak lubang masuk sipon dan bangunan-bangunan dengan aliran air yang cepat harus diberi perlindungan. Pagar atau instalasi kisi-kisi penyaring dimuka lebih disukai untuk bangunan-bangunan ini, tetapi tali pengamanan di depan lubang masuk dan tangga pada talut kadang-kadang lebih cocok.

12.3.2 Tempat Cuci

Tempat cuci yang berupa tangga pada tanggul saluran akan memungkinkan penduduk yang tinggal di daerah dekat saluran untuk mencapai air saluran. Dengan menyediakan tempat-tempat cuci berarti mencegah penduduk agar mereka tidak membuat fasilitas-fasilitas itu sendiri dengan cara merusak atau menghalangi saluran.

Standar Perencanaan tangga cuci diberikan dalam Standar Bangunan Irigasi, BI – 02.

12.3.3 Kolam Mandi Ternak

Memandikan ternak (kerbau) di saluran merupakan penyebab utama semakin rusaknya tanggul saluran di berbagai daerah. Agar ternak tidak masuk saluran, dibuatlah tempat mandi khusus untuk ternak.

Jika tersedia tempat, kolam ini akan dibuat diluar saluran tetapi diberi air dari saluran dengan pipa.

Kalau tidak cukup tersedia tempat di luar saluran, kolam mandi ternak dapat dibuat sebagai bagian dari saluran yang diperlebar dan diberi lindungan.

Satu kolam mandi ternak untuk satu desa akan cukup. Kolam-kolam ini yang dibangun di sepanjang atau di dalam saluran irigasi, hanya diperlukan jika tak tersedia kolam mandi ditempat-tempat lain, misal di saluran pembuang atau sungai.

12.4 Pencegahan Rembesan

12.4.1 Umum

Rembesan terjadi apabila bangunan harus mengatasi beda tinggi muka air dan jika aliran yang diakibatkannya meresap masuk ke dalam tanag disekitar bangunan.

Aliran air ini mempunyai pengaruh yang merusakkan stabilitas bangunan karena terangkutnya bahan-bahan halus dapat menyebabkan erosi bawah tanah. Jika erosi bahwa tanah sudah terjadi, maka terbentuklah jalur rembesan antara bagian hulu dan hilir bangunan. Ini biasanya mengakibatkan kerusakan akibat terkikisnya tanah pondasi.

Terangkutnya bahan halus dan erosi bawah tanah yang diakibatkannya dapat dicegah dengan cara (1) memperpanjang jalur rembesan dan/atau (2) menggunakan filter.

12.4.2 Dinding Halang (*Cut-off Wall)*

Dinding-dinding (*cut-off wall*) yang dibuat tegak lurus terhadap bangunan merupakan lindungan yang efektif terhadap rembesan. Dalam teori angka rembesan Lane, dinding vertikal diambil/dihitung penuh, sedangkan bidang horizontal hanya diambil 1/3 dari panjangnya.

Dinding halang ditempatkan dibawah dan di kedua sisi bangunan yang mungkin harus menanggulangi beda tinggi energi yang besar, seperti: bangunan terjun, bangunan pengatur dan pintu. Bangunan seperti pipa gorong–gorong dan pipa sipon sangat memerlukan dinding halang di sekitar pipa untuk mencegah terjadinya rembesan di sepanjang pipa bagian luar.

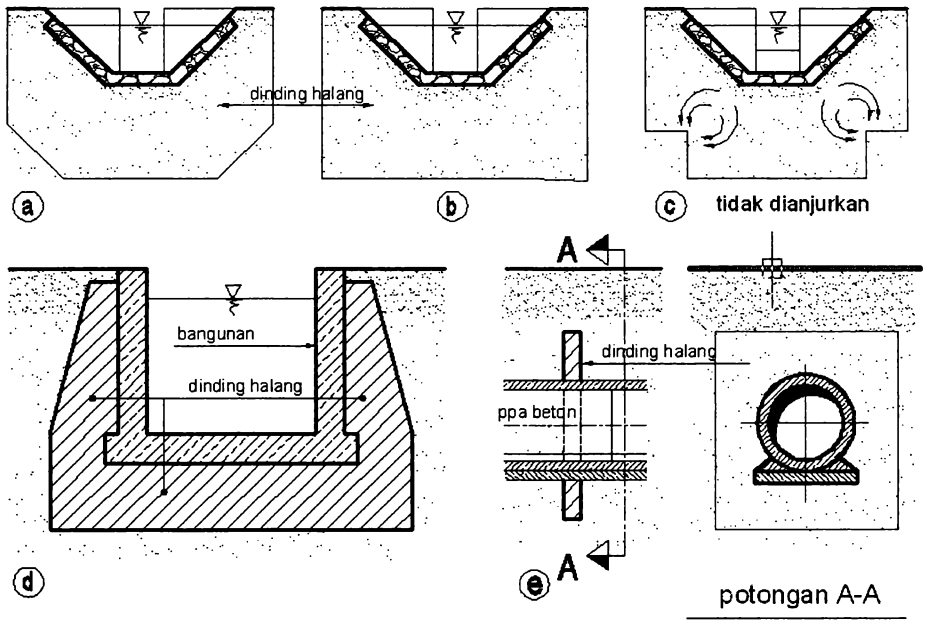
Gambar 9-8. menyajikan contoh dinding-dinding halang. Pada umumnya, akan lebih baik untuk tidak membuat dinding yang lebih kecil dari yang diperlihatkan pada Gambar 9-8. karena dua alasan:

- Akan terjadi jalur rembesan yang terpusat di titik ini

- Akan terjadi kedalaman pondasi yang berbeda-beda untuk dinding itu dan dengan demikian menyebabkan sebaran penurunan yang berbeda-beda, pada gilirannya hal ini akan menyebabkan retak-retak dan dinding tidak dapat lagi berfungsi.

Dinding halang bisa dibuat tipis karena dinding ini tidak terkena gaya apa pun kecuali menahan beratnya sendiri.

Pada bangunan pengatur, tepat terbaik untuk dinding halang adalah di lokasi yang sama dengan lokasi pintu.



Gambar 12-8. Contoh Dinding Halang

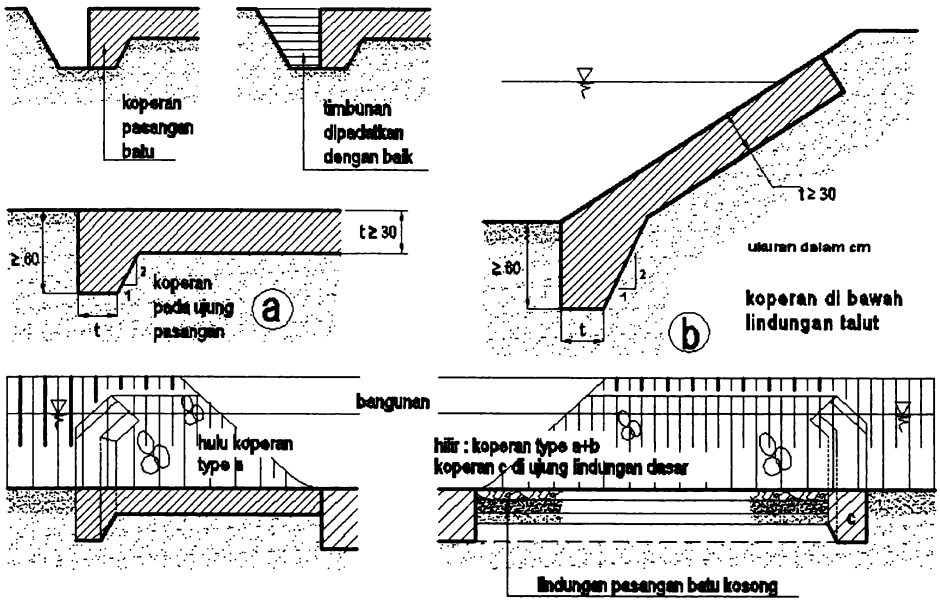
12.4.3 Koperan

Koperan dibuat di ujung lapis (*lining*) keras saluran atau bangunan. Koperan mempunyai dua fungsi:

- Lindungan terhadap erosi
- Lindungan terhadap aliran rembesan yang terkonsentrasi

Koperan dibuat pada kedalaman minimum 0,60 m

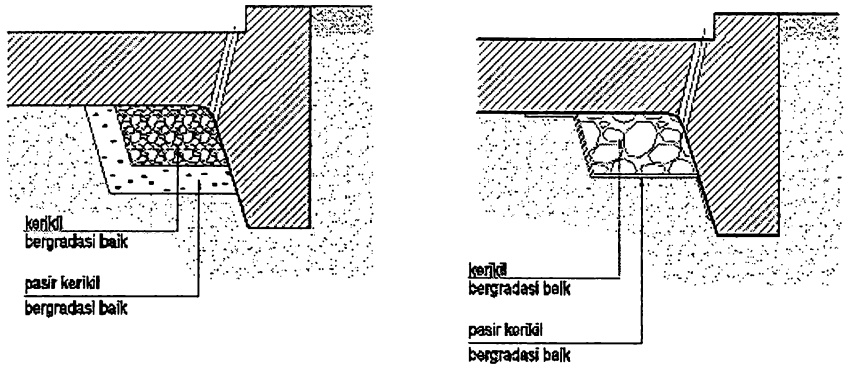
Gambar 9-9. menunjukkan beberapa contoh koperan dan metode pelaksanaannya.



Gambar 12-9. Tipe-Tipe Konstruksi Koperan

12.4.4 Filter

Filter diperlukan untuk mencegah kehilangan bahan akibat aliran air. Filter dapat dibuat dengan (1) campuran pasir dan kerikil yang bergradasi baik, (2) dengan kain sintetis atau filter alamiah (ijuk) atau (3) kombinasi keduanya.

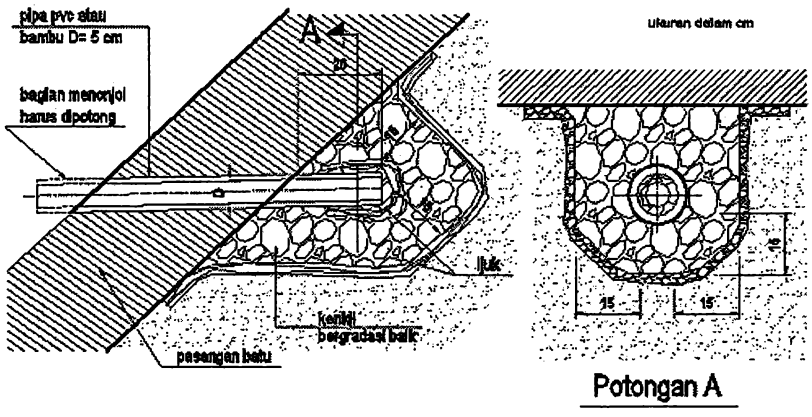


Gambar 12-10. Konstruksi Filter

Perencanaan konstruksi filter diberikan dalam subbab 6.6.

12.4.5Lubang Pembuang

Lubang-lubang pembuang dapat dibuat untuk membebaskan tekanan air dibelakang dindidng (penahan) dan dibawah lantai. Gambar 9-11. menunjukkan sebuah tipe lubang pembuang. Lubang pembuang sebaiknya dipertimbangkan dalam perhitungan perencanaan, karena kapasitasnya untuk membebaskan tekanan bergantung kepada banyak parameter yang belum diketahui dan sangat lokal sifatnya.

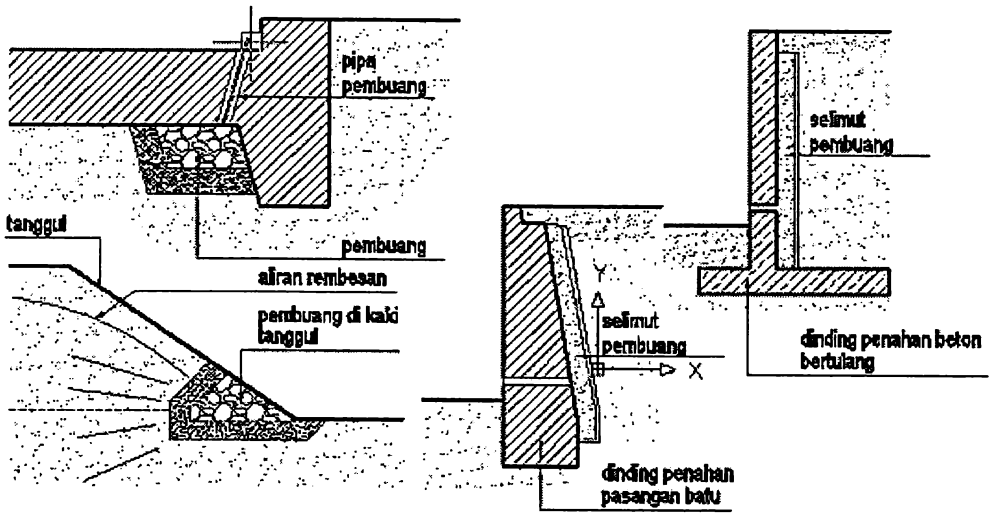


Gambar 12-11. Tipe-Tipe Lubang Pembuang

12.4.6Alur Pembuang

Alur pembuang berfungsi seperti lubang pembuang. Kalau lubang pembuang ini berupa titik lubang pembebas tekanan, maka alur pembuang lebih panjang lagi. Kebanyakan alur pembuang dibuat di ujung lantai kolam olak atau dipangkal dinding panahan. Kadang–kadang dibuat alur–alur pembuang pangkal khusus pada sisi kering suatu tanggul (lihat subbab 9.1.9).

Gambar 9-12. Dibawah ini menyajikan beberapa contoh alur pembuang.



Gambar 12-12. Beberapa Tipe Alur Pembuang

DAFTAR PUSTAKA

ANAS ALY, MOH.1977, *Tinjauan Terhadap Buku Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Flexible Jalan Raya*, Direktorat Bina Marga, No.43/BDG/LPT/BM/1977.

BENDEGOM,L.van,et al. 1969. *Principles Governing The Design and Construction Of Economic Revetments For Protecting The Banks of Rivers and Canals for Ocean and Inland Irrigation*. 20th International Navigation Congress, Paris, France, 43 pp.

BETRAM, G.E. 1940. *An experimental investigation of protective filters. Publications of Graduate School of Engineering*. Harvard University, No. 267.

Bina Marga, 2005. *Peraturan Muatan Untuk Jembatan Jalan Raya (Loading-Specification For Highway Bridges)*. Direktorat Jenderal Bina Marga R.SNI T 02 -2005 . Sesuai Keputusan Menteri PU no. 498/KPTS/M/2005.

Bina Marga, 2005. *Peraturan Perentjanaan Geometric Djalan Raja (Standar Specification for Geometric Design of Rural Highways)*. Direktorat Jenderal Bina Marga R.SNI T 02 -2005 . Sesuai Keputusan Menteri PU no. 498/KPTS/M/2005.

Bina Marga, 1974. *Penentuan Tebal Perkerasan (Flexible) (A Guide for Pavement Design) (Flexible)*. Direktorat Jenderal Bina Marga No.04/PD/BM/1974.

Bos, M.G, ed.1978. *Discharge Measurement Structures, 2nd. ed. Publication 20 International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI*, Wageningen, The Netherlands, 464 pp.

Bos, M.G, 1985. *Long Throated Flumes and Broad Crested Weir*, Marthinus Nijhoff/Dr.W.Junk Publisher, Dordrecht, The Netherlands, 141 pp.

Bos, M.G, and REININK, Y, 1981. *Head loss over long-throated flumes*. Journal of the Irrigation and Drainage Division, American Society of Civil Engineers. Vol.107, IR 1 pp 87 -102.

Bos, M.G, REPLOGLE, J.A, and CLEMMENS, A.J., 1984. *Flow Measuring Flumes for Open Channel System*, John Wiley, New York, U.S.A., 321 pp.

CAPPER, P.L., and FISHER CASSIE, W. 1976. 6th ed. *The Mechanics of Engineering Soils*. E & F.N. Spon Ltd., London, UK.

DE INGENIEUR IN NEDERLANDSCH – INDIE, 1937. *Over De Dimensioneering Van Zijdelingsche Overlaten*. 4e jaargang, no.12, pp. 159 – 163.

DONNELY.CA., and BLAISDELL, F.W.1954. *Straight Drop Spillway Stilling Basin*. Technical Paper No.15, Series B, University of Minnesota Saint Anthony Falls Hydraulic Laboratory.

ESCANDE, L and SANANES, F. 1959. *Etude Des Seuills Deversants A Fente Aspiratrice*. La Houille Blanche, 14, No.B, Grenoble, France. Pp 892 – 902.

ESCAP. 1981, *Manual on rural road construction, Economic and Social Commision for Asia and the Pasific*, United Nations, Bangkok, Thailand.

Dep. Pekerjaan Umum. *Tata Cara Desain Hidraulik Tubuh Bendung Tetap Dengan Peredam Energi Tipe MDO Dan Tipe MDS*. RSNI T – 04 – 2002.

Dep. Pekerjaan Umum. *Perencanaan Hidraulik Bendung dan Pelimpah Bendungan Tipe Gergaji. Pedoman Konstruksi dan Banugnan*, Pd. T – 01 – 2004A.

FORSTER, J.W., and SKRINDE, R.A. 1950. *Control of The Hidraulic Jump By Sills*. Transactions of the American Society of Civil Engineers, Vol.115, pp. 973 – 987.

GARBRECHT, G, and BOS, M.G. 1980. *Important Water Measurement In Irrigation*

Systems, ICID bulletin, Vol.2 No.1; New Delhi, India, 45 pp.

GRUYTER, P.de. 1965. *Een Nieuw Tipe Aftap Tevens Meet Sluis, De Waterstaatsingenieur*, 1926 (No.12) and 1927 (No.1), Batavia (Jakarta), Indonesia.

Idel'cik, I.E.1969. *Memento Des Perstes De Charge, Collection Du Centre De Rechergche Et D'essais De Chatou*. Eyrolles, Paris, France.

KRUSE, E.A, 1965. *The Constant-Head Orifice Farm Turnout, US.Departement of Agriculture*, Report Agricultural Research Service, ARS 41-93, Fort Collins, Colorado, USA., 24 pp.

ROAD NOTE 31, 1977. *A Guide To The Structural Design Of Bitumen-Surfaced Roads In Tropical And Sub-Tropical Countries*. Transport and Road Research Laboratory, Her Majesty's Stationery Office, London, UK.

ROMIJN, D.G. 1932. *Een Regelbare Meetoverlaat Als Tertaire Aftapsluis, De Waterstaatingenieur*, Bandung, Indonesia, No.9.

ROMIJN, D.G. 1938. *Meetsluizen Ten Behove Van Irrigatie Werken*. Handleiding door De Vereninging van Waterstaats Ingenieurs in Nederlandsch Indie, Batavia (Jakarta), 58 pp.

SCS. 1969. *Engineering Field Manual, Chapter 4, Elementary Soil Engineering. U.S.* Soil Conservation Service, Washington, D.C. USA, pp.43.

SCHMIDT, M. 1954. *Die berechnung von Streichwehren, Die Wasserwirtschaft, Stuttgart*, vol.45, no.4, pp.96-100.

SCHOKLISTSCH, A. 1962 (dritte auflage). *Handbuch des Wasserbaues (Erster band)*, Wien, Austria, pp.126 – 142.

U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, 1955. *Drainage and Erosion control-Subsurface Drainage Facilities for Air Fields*. Part XIII, Chapter 2,

Engineering Manual, Millytary Construction, Washington DC, USA, 15 pp.

U.S. BUREAU OF RECLAMATION. 1960, 1973 2nd edition. *Design of Small Dams*, Denver, USA, 611 pp.

U.S. BUREAU OF RECLAMATION. 1978. Design of Small Canal Structures, Denver, USA, 435 pp.

VALEMBOIS,J. 1962. *Abaque pour le calcul des character istiques de I' ecoulement dams la section de gorge d'um siphon*. La Houille Blanche, 1962. No.1, pp. 78-80.

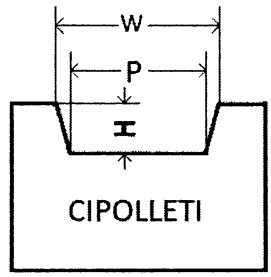
Vlugter, H. 1940a. *De regelbare meetoverlaat*. De Water staatsingenieur, Bandung, Indonesia, No.10.

Vlugter, H. 1940b. *Over zelfwerkende peilregelaars bij den waterstaat in Ned-Indie*. De Ingenieur in Ned.-Indie No.6, 1940.

LAMPIRAN I

A.1.1. Alat Ukur *Cipoletti*

Alat ukur *Cipoletti* merupakan penyempurnaan alat ukur ambang tajam yang dikontraksi sepenuhnya. Alat ukur *Cipoletti* memiliki potongan pengontrol trapesium, mercunya horizontal dan sisi-sisinya miring ke samping dengan kemiringan 1 vertikal banding ¼horizontal (lihat Gambar A.1.1).



Gambar A.1.1Alat Ukur *Cipoletti*

A.1.1.1. Perencanaan Hidrolis

Persamaan debit untuk alat ukur *Cipoletti* adalah:

$$Q = C_d C_v \, 2/3 \sqrt{2\,g}\, b\, h_1^{1,5} \quad \text{.....(A.1.1)}$$

dimana:

Q = debit, m^3/dt

C_d = koefisien debit (≈ 0,63)

C_v = koefisien kecepatan datang

g = koefisien gravitasi m/dt^2 (≈ 9,8 m/dt^2)

b = lebar mercu, m

h_1 = tinggi energi hulu, m

Pada, Tabel A.1.1. diberikan tabel debit untuk $qm^3/dt.m$.

A.1.1.2. Karakteristik bangunan

(1) Bangunan ini sederhana dan mudah dibuat.

(2) Biaya pelaksanaannya tidak mahal.

(3) Jika papan duka diberi skala liter, para petani pemakai air dapat mencek persediaan air mereka.

(4) Sedimentasi terjadi di hulu bangunan, yang dapat mengganggu berfungsinya alat ukur; benda-benda yang hanyut tidak bisa lewat dengan mudah, ini daat menyebabkan kerusakan dan mengganggu ketelitian pengukuran debit.

(5) Pengukuran debit tidak mungkin dilakukan jika muka air hilir naik diatas elevasi ambang bangunan ukur tersebut.

(6) Kehilangan tinggi energi besar sekali dan khususnya di daerah-daerah datar, dimana kehilangan tinggi energi yang tersedia kecil sekali, alat ukur tipe ini tidak dapat digunakan.

A.1.1.3. Penggunaan

Alat ukur *Cipoletti* yang dikombinasi dengan pintu sorong sering dipakai sebagai bangunan sedap tersier. Karena jarak antara pintu dan bangunan ukur jauh, eksploitasi pintu menjadi rumit. Oleh sebab itu, lebih dianjurkan untuk memakai bangunan kombinasi. Pemakaian alat ukur ini tidak lagi dianjurkan, kecuali di lingkungan laboratorium.

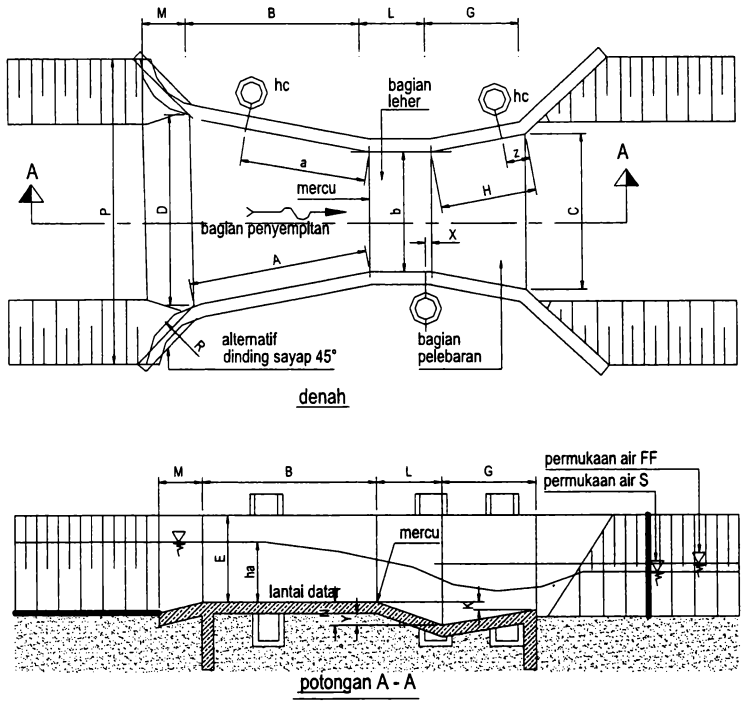
A.1.2. Alat Ukur *Parshall*

Alat ukur parshall adalah alat ukur yang sudah diuji secara laboratoris untuk mengukur aliran dalam saluran terbuka. Bangunan itu terdiri dari sebuah peralihan penyempitan dengan lantai yang datar, leher dengan lantai miring ke bawah, dan peralihan pelebaran dengan lantai miring ke atas (lihat Gambar A.1.2). Karena lereng-lereng lantai yang tidak konvensional ini, aliran tidak diukur dan diatur di dalam

leher, melainkan didekat ujung lantai datar peralihan penyempitan (mercu pada Gambar A.1.2). Dengan adanya lengkung garis aliran tiga-dimensi pada bagian pengontrol ini, belum ada teori hidrolika untuk menerangkan aliran melalui alat ukur *Parshall*: Tabel debit hanya dapat diperoleh lewat pengujian di laboratorium. Tabel ini hanya bisa digunakan oleh bangunan yang dieksploitasi di lapangan jika bangunan itu dibuat sesuai dengan dimensi talang yang telah diuji di laboratorium. Dimensi 22 alat ukur yang sudah diuji (dengan satuan milimeter) disajikan pada Tabel A.1.2. Harus diingat bahwa keenam bidang yang membentuk peralihan penyempitan dan potongan leher tersebut harus saling memotong pada garis yang benar-benar tajam. Pembulatan akan mengurangi lengkug garis aliran dan mengubah kalibrasi alat ukur. Juga kran piesometer yang dipakai untuk menukur tekanan piesometris harus dipasang di lokasi yang tepat agar bisa mengukur debit. Kesalahan pada tabel debit kurang dari 3%.

Karena leher lantai yang miring kebawah, air diarahkan kelantai peralihan pelebaran. Peredaman energinya menghasilkan batas moduler yang lebih renndah dibandingkan dengan alat ukur ambang lebar (atau secara hidrolis berhubungan dengan panjang leher saluran).

Untuk alat-alat ukur yang kecil batas moduler ini adalah 0,05, sedangkan untuk yang berukuran besar (lebarnya lebih dari 3 m) batas moduler itu naik hingga 0,08.



Gambar A.1.2.Tata Letak Alat Ukur *Parshall*
(untuk Dimensi-Dimensinya Lihat Tabel A.1.2)

A.1.2.1. Karakteristik Bangunan

Alat ukur *Parshall* merupakan bangunan pengukur yang teliti dan andal serta memiliki kelebihan-kelebihan berikut:

(1) Mampu mengukur debit dengan kehilangan tinggi energi yang relatif kecil,

(2) Mampu mengukur berbagai besaran debit aliran bebas, dengan air hilir yang relatif dalam dengan satu alat ukur kedalaman air,

(3) Pada dasarnya bangunan ini dapat bebas dengan sendirinya dari benda-benda yang hanyut, karena bentuk geometrinya dan kecepatan air pada bagian leher,

(4) Tak mudah diubah-ubah oleh petani untuk mendapatkan air diluar jatah,

(5) Tidak terpengaruh oleh kecepatan datang, yang dikontrol secara otomatis jika

flum dibuat sesuai dengan dimensi standar serta hanya dipakai bila aliran masuk seragam, tersebar merata dan bebas turbulensi.

Alat ukur *Parshall*:

(1) Biaya pelaksanaannya lebih mahal dibanding alat ukur lainnya,

(2) Tak dapat dikombinasi dengan baik dengan bangunan sadap karena aliran masuk harus seragam dan permukaan air relatip tenang,

(3) Agar dapat berfungsi dengan memuaskan, alat ukur ini harus dibuat dengan teliti dan seksama. Bila alat ukur/*flum* tidak dibuat dengan dimensi yang tepat menurut Tabel A.2.4, Apendiks 2, maka tabel debitnya tidak ada.

(4) Terutama untuk alat ukur kecil, diperlukan kehilangan tinggi energi yang besar untuk pengukuran aliran moduler. Walaupun sudah ada kalibrasi tenggelam, tapi tidak dianjurkan untuk merencana alat ukur *Parshall* aliran nonmoduler karena diperlukan banyak waktu untuk menangani dua tinggi energi/head, dan pengukuran menjadi tidak teliti.

A.1.3. Alat Ukur Orifis dengan Tinggi Energi Tetap (CHO)

Alat ukur orifis dengan tinggi energi tetap (CHO = *Constant Head Orifice*) adalah kombinasi pintu pengukur dan pengatur dalam satu bangunan. CHO dikembangkan oleh U.S. *Bureau of Reclemation*, dan disebut demikian karena eksploitasinya didasarkan pada penyetelan dan mempertahankan beda tinggi energi (biasanya Δh = 0,06 m untuk Q < 0,6 m^3/dt dan Δ= 0,12 m untuk 0,6 < Q <1,5 m^3/dt) diseberang bukaan pintu orifis hulu dengan cara menyesuaikan pintu pengatur sebelah hilir.

A.1.3.1. Perencanaan Hidrolis

Untuk menyetel besar aliran tertentu bukaan pintu orifis A = b.w yang diperlukan untuk mengalirkan air tesebut ditentukan dari rumus berikut:

$$Q = CA\sqrt{2g.\Delta h} \quad \text{.....(A.1.2)}$$

dimana:

Q = debit, m^3/dt

C = koefisien debit ($\approx 0,66$)

A = luas bukaan pintu, m^2 ($= b_c\ w$)

g = koefisien gravitasi m/dt^2 ($\approx 9,8\ m/dt^2$)

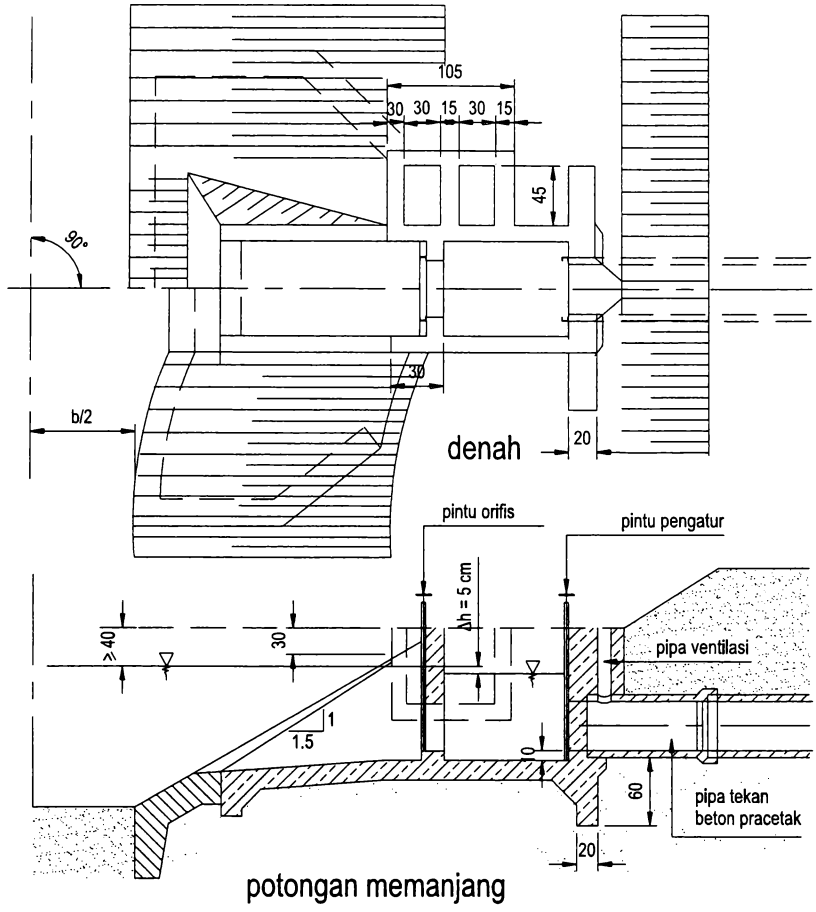
b_c = lebar pintu, m

Δh = kehilangan tinggi energi diatas pintu, m (0,06 m atau 0,12 m).

w = tinggi bukaan pintu, m

Subtitusi harga Cd = 0,06, Δh = 0,06 m dan g = 9,8 m/dt^2 ke dalam persamaan A.1.2 menghasilkan :

$Q = 0,716\ b_c\ w$ .....(A.1.3)



Gambar A.1.3. Contoh Orifis dengan Tinggi Energi Tetap (CHO)

Pintu orifis itu sekarang disetel dengan lebar bukaan yang sudah diperhitungkan w. Selanjutnya pintu pengatur sebelah hilir disesuaikan sampai beda tinggi energi yang di ukur diatas pintu orifis, sama dengan tinggi energi tetap (konstan) yang diperlukan. Kemudian besar debit kurang lebih sama dengan harga yang diperlukan. Beda tinggi energi yang agak kecil (Δh = 0,06 m) merupakan salah satu faktor penyebab tidak tepatnya pengukuran debit yang dilakukan oleh CHO. Faktor-faktor yang lain ialah :

a. terbentuknya olakan air di depan pintu orifis dengan kecepatan aliran dalam saluran.

b. Pusaran air yang besar di belakang pintu orifis akibat terjadinya pemisahan aliran di sepanjang pintu orifis dan kerangkanya.

c. Mudah tenggelamnya pintu pengatur ini, yang mengakibatkan berubahnya beda tinggi energi yang sudah disetel $\Delta h = 0{,}06$ m.

d. Kesalahan sekitar 7% pada koefisien (0,716) dari persamaan A.1.3.

Di lapangan pernah dijumpai kesalahan besar.

Karena pintu pengatur hanya berfungsi untuk menyetel beda tinggi energi pada $\Delta h = 0{,}06$ m, maka tipe, bentuk dan dimensinya tidak relevan. Bagian hilir pintu ini mungkin saluran terbuka atau gorong-gorong.

Tetapi dalam hal yang terakhir ini, kantong udara di sebelah hilir pintu harus diaerasi (diisi udara) untuk menghindari kenaikan tekanan yang mendadak. Lebih disukai lagi jika permukaan air di dalam gorong-gorong tetap bebas.

Kehilangan total tinggi energi di sebuah CHO yang dibutuhkan untuk mendapatkan aliran moduler terdiri dari tiga bagian:

(i) beda tinggi energi konstan $\Delta h = 0{,}06$ m diatas pintu orifis

(ii) kehilangan tinggi energi yang diperlukan untuk aliran kritis dibawah (atau diatas) pintu pengatur

(iii) kehilangan pada peralihan dari pintu pengatur ke saluran (tersier) hilir.

Jumlah kehilangan tinggi energi ini biasanya lebih dari 0,25 m.

A.1.3.2. Karakteristik Bangunan

(1) Pengukuran alat aliran tidak tepat. Kesalahan yang dibuat bisa mencapai 100%.

(2) Kehilangan tinggi energi yang diperlukan untuk menciptakan aliran moduler besar sekali, selalu lebih dari 0,25 m.

(3) Tepi bawah yang tajam dari pintu orifis bisa menjadi tumpul dan menyebabkan lebih banyak kesalahan dalam pengukuran debit.

(4) CHO menangkap benda-benda terapung. Karena tepi pintu yang tajam dan pemakaian dua pintu sekaligus, benda-benda terapung hampir-hampir tidak mungkin bisa lewat.

(5) Bukan pintu diukur dengan setang putar bersekrup (*screw rod* dan *operation wrench*), yang diberi tera sentimeter. Prosedur eksploitasi ini rumit.

A.1.3.3. Penggunaan

CHO adalah bangunan sadap tersier. Eksploitasi dan fungsi hidrolis bangunan ini rumit dan penggunaannya di Indonesia tidak dianjurkan.

Tabel A.1.1 Debit Alat Ukur *Cipoletti* Standar Dalam $m^3/dt/m$

Tinggi Energi	Debit $m^3/dt/m$	Tinggi Energi	Debit $m^3/dt/m$
0,06	0,0273	0,36	0,4020
0,07	0,0344	0,37	0,4180
0,08	0,0421	0,38	0,4350
0,09	0,0502	0,39	0,4530
0,10	0,4088	0,40	0,4700
0,11	0,0678	0,41	0,4880
0,12	0,0773	0,42	0,5060
0,13	0,0871	0,43	0,5240
0,14	0,0974	0,44	0,5430
0,15	0,1080	0,45	0,5610
0,16	0,1190	0,46	0,5800
0,17	0,1300	0,47	0,5990
0,18	0,1420	0,48	0,6180
0,19	0,1540	0,49	0,6380
0,20	0,1660	0,50	0,6570
0,21	0,1790	0,51	0,6770
0,22	0,1920	0,52	0,6970
0,23	0,2050	0,53	0,7170
0,24	0,2190	0,54	0,7380
0,25	0,2320	0,55	0,7580
0,26	0,2470	0,56	0,7790
0,27	0,2610	0,57	0,8000
0,28	0,2750	0,58	0,8210
0,29	0,2900	0,59	0,8430
0,30	0,3060	0,60	0,8640
0,31	0,3210	CATATAN :	
0,32	0,3370	kecepatan datang tidak	
0,33	0,3520	dihitung (Cv ≈ 1,00)	
0,34	0,3690		
0,35	0,3850		

LAMPIRAN II

Tabel A.2.1 Tabel Debit untuk Alat Ukur Segiempat per Meter Lebar [a]

$0,10 \leq b_c \leq 0,20$ m L = 0,20 m			$0,20 \leq b_c \leq 0,30$ m L = 0,35 m		
h_1 (m)	q (m^3/dt/lebar meter)		h_1 (m)	q (m^3/dt/lebar meter)	
	$P_1 = 0,05$ m	$P_1 = \infty$		$P_1 = 0,10$ m	$P_1 = \infty$
			,025	,0064	,0063
			,030	,0085	,0084
,014	,0026	,0026	,035	,0108	,0170
,016	,0032	,0032	,040	,0133	,0131
,018	,0039	,0038	,045	,0160	,0157
,020	,0046	,0045	,050	,0189	,0184
,022	,0054	,0053	,055	,0220	,0213
,024	,0062	,0060	,060	,0252	,0244
,026	,0070	,0068	,065	,0285	,0275
,028	,0079	,0076	,070	,0321	,0308
,030	,0088	,0085	,075	,0357	,0342
,032	,0097	,0094	,080	,0396	,0377
,034	,0107	,0103	,085	,0435	,0414
,036	,0117	,0112	,090	,0476	,0451
,038	,0128	,0122	,095	,0519	,0490
,040	,0138	,0132	,100	,0563	,0529
,042	,0150	,0142	,105	,0608	,0570
,044	,0161	,0153	,110	,0655	,0611
,046	,0173	,0164	,115	,0702	,0654
,048	,0185	,0175	,120	,0752	,0697
,050	,0197	,0186	,125	,0802	,0741
,052	,0210	,0197	,130	,0854	,0787
,054	,0223	,0209	,135	,0907	,0833
,056	,0236	,0221	,140	,0961	,0880
,058	,0250	,0233	,145	,1017	,0928
,060	,0264	,0245	,150	,1074	,0977
,062	,0278	,0257	,155	,1132	,1026
,064	,0293	,0270	,160	,1191	,1077
,066	,0307	,0283	,165	,1251	,1128
,068	,0322	,0296	,170	,1315	,1180
,070	,0338	,0309	,175	,1375	,1233

a) $L_b = 2$ atau 3 kali P_1 ; $L_a \geq H_1$ maks ; $L_a + L_b \geq 2$ sampai 3 kali H_1 maks
b) Perubahan kenaikan debit

Tabel A.2.1 Tabel Debit untuk Alat Ukur Segiempat per Meter Lebar [a] (Lanjutan)

$0,10 \leq b_c \leq 0,20$ m L = 0,20 m			$0,20 \leq b_c \leq 0,30$ m L = 0,35 m		
h_1 (m)	q (m^3/dt/lebar meter)		h_1 (m)	q (m^3/dt/lebar meter)	
	$P_1 = 0,05$ m	$P_1 = \infty$		$P_1 = 0,10$ m	$P_1 = \infty$
,072	,0353	,0323	,180	,1439	,1286
,074	,0369	,0337	,185	,1504	,1340
,076	,0385	,0350	,190	,1567	,1396
,078	,0402	,0365	,195	,1625	,1530
,080	,0419	,0379	,200	,1701	,1508
,082	,0436	,0393	,205	,1770	,1565
,084	,0453	,0408	,210	,1840	,1623
,086	,0470	,0423	,215	,1911	,1681
,088	,0488	,0438	,220	,1983	,1741
,090	,0506	,0453	,225	,2056	,1801
,092	,0524	,0468	,230	,2130	,1861
,094	,0543	,0484	,235	,2205	,1923
,096	,0562	,0499			
,098	,0581	,0515			
,100	,0600	,0531			
,105b	,0649	,0571			
,110	,0700	,0613			
,115	,0753	,0656			
,120	,0806	,0699			
,125	,0861	,0744			
,130	,0918	,0789			
$\Delta H = 0,012$ m atau 0,1 H_1			$\Delta H = 0,025$ m atau 0,1 H_1		

a) $L_b = 2$ atau 3 kali P_1 ; $L_a \geq H_1$ maks ; $L_a + L_b \geq 2$ sampai 3 kali H_1 maks
b)Perubahan kenaikan debit

Tabel A.2.1 Tabel Debit untuk Alat Ukur Segiempat per Meter Lebar [a] (Lanjutan)

$0,30 \leq b_c \leq 0,50$ m L = 0,50 m				$0,50 \leq b_c \leq 1,00$ m L = 0,75 m				
h_1 (m)	q (m^3/dt/lebar meter)			h_1 (m)	q (m^3/dt/lebar meter)			
	$P_1 = 0,10$ m	$P_1 = 0,20$ m	$P_1 = \infty$		$P_1 = 0,10$ m	$P_1 = 0,20$ m	$P_1 = 0,30$ m	$P_1 = \infty$
				,050	,0816	,0183	,0182	,0181
				,055	,0216	,0212	,0210	,0290
,035	,0108	,0106	,0106	,060	,0248	,0242	,0240	,0239
,040	,0133	,0131	,0130	,065	,0281	,0274	,0272	,0270
,045	,0160	,0157	,0156	,070	,0316	,0308	,0305	,0303
,050	,0305	,0185	,0183	,075	,0352	,0342	,0339	,0336
,055	,0219	,0214	,0212	,080	,0390	,0378	,0374	,0371
,060	,0251	,0245	,0242	,085	,0429	,0416	,0411	,0407
,065	,0285	,0278	,0274	,090	,0470	,0454	,0449	,0444
,070	,0320	,0312	,0307	,095	,0512	,0494	,0488	,0482
,075	,0357	,0347	,0341	,100	,0555	,0535	,0528	,0521
,080	,0395	,0383	,0376	,105	,0600	,0577	,0570	,0561
,085	,0435	,0421	,0412	,110	,0646	,0621	,0612	,0602
,090	,0476	,0460	,0450	,115	,0693	,0665	,0656	,0644
,095	,0519	,0500	,0488	,120	,0742	,0711	,0700	,0688
,100	,0561	,0540	,0528	,125	,0792	,0758	,0746	,0732
,105	,0606	,0583	,0567	,130	,0843	,0806	,0793	,0776
,110	,0652	,0626	,0608	,135	,0896	,0855	,0840	,0822
,115	,0700	,0671	,0651	,140	,0949	,0905	,0889	,0869
,120	,0748	,0717	,0694	,145	,1004	,0956	,0939	,0916
,125	,0798	,0764	,0738	,150	,1061	,1009	,0989	,0965
,130	,0850	,0812	,0783	,155	,1118	,1062	,1041	,1014
,135	,0902	,0861	,0828	,160	,1176	,1116	,1094	,1064
,140	,0956	,0911	,0875	,165	,1236	,1172	,1147	,1115
,145	,1011	,0962	,0923	,170	,1297	,1228	,1202	,1166
,150	,1067	,1014	,0971	,175	,1359	,1285	,1257	,1219
,155	,1125	,1068	,1020	,180	,1422	,1344	,1314	,1272
,160	,1183	,1122	,1070	,185	,1486	,1403	,1371	,1325
,165	,1243	,1177	,1121	,190	,1552	,1464	,1430	,1380
,170	,1304	,1234	,1173	,195	,1618	,1525	,1489	,1435
,175	,1366	,1291	,1225	,200	,1686	,1587	,2549	,1492

a) $L_b = 2$ atau 3 kali P_1 ; $L_a \geq H_1$ maks ; $L_a + L_b \geq 2$ sampai 3 kali H_1 maks

b) Perubahan kenaikan debit

Tabel A.2.1 Tabel Debit untuk Alat Ukur Segiempat per Meter Lebar [a] (Lanjutan)

$0{,}30 \le b_c \le 0{,}50$ m L = 0,50 m				$0{,}50 \le b_c \le 1{,}00$ m L = 0,75 m				
h_1 (m)	q (m^3/dt/lebar meter)			h_1 (m)	q (m^3/dt/lebar meter)			
	$P_1 = 0{,}10$ m	$P_1 = 0{,}20$ m	$P_1 = \infty$		$P_1 = 0{,}10$ m	$P_1 = 0{,}20$ m	$P_1 = 0{,}30$ m	$P_1 = \infty$
,180	,1429	,1349	,1278	,210	,1824	,1715	,1671	,1606
,185	,1493	,1409	,1332	,220	,1957	,1846	,1798	,1723
,190	,1559	,1469	,1387	,230	,2113	,1981	,1927	,1843
,195	,1625	,1530	,1442	,240	,2264	,2119	,2060	,1965
,200	,1693	,1593	,1498	,250	,2419	,2262	,2197	,2090
,205	,1762	,1656	,1555	,260	,2578	,2407	,2336	,2217
,210	,1831	,1720	,1612	,270	,2741	,2557	,2479	,2348
,215	,1902	,1786	,1671	,280	,2908	,2709	,2625	,2480
,220	,1974	,1852	,1730	,290	,3078	,2866	,2775	,2610
,225	,2047	,1919	,1789	,300	,3253	,3025	,2927	,2752
,230	,2121	,1987	,1849	,310	,3431	,3188	,3083	,2892
,235	,2196	,2056	,1910	,320	,3613	,3355	,3242	,3034
,240	,2272	,2125	,1972	,330	,3799	,3524	,3404	,3178
,245	,2349	,2196	,2034	,340	,3988	,3697	,3568	,3325
,250	,2427	,2268	,2097	,350	,4181	,3873	,3736	,3473
,260	,2587	,2414	,2225	,360	,4378	,4053	,3907	,3624
,270	,2750	,2563	,2355	,370		,4235	,4081	,3777
,280	,2917	,2716	,2488	,380		,4421	,4258	,3932
,290	,3088	,2872	,2623	,390		,4160	,4438	,4089
,300	,3262	,3032	,2760	,400		,4802	,4620	,4248
,310	,3441	,3441	,2900	,410		,4998	,4806	,4409
,320	,3623	,3623	,3042	,420		,5196	,4994	,4573
,330	,3808	,3808	,3186	,430		,5397	,5185	,4738
				,440		,5601	,5379	,4905
				,450		,5809	,5576	,5074
				,460		,6019	,5776	,5245
				,470		,6232	,5978	,5418
				,480		,6448	,6183	,5593
				,490		,6667	,6391	,5769
				,500		,6888	,6601	,5948
ΔH = 0,027 m 0,044 m atau 0,1 H_1				ΔH = 0,028 m 0,048 m 0,063 m atau 0,1 H_1				

a) L_b = 2 atau 3 kali P_1 ; $L_a \ge H_1$ maks ; $L_a + L_b \ge$ 2 sampai 3 kali H_1 maks

b) Perubahan kenaikan debit

Tabel A.2.1 Tabel Debit untuk Alat Ukur Segiempat per Meter Lebar[a](Lanjutan)

	$1,0 \leq b_c \leq 2,0$ m L = 1,0 m					$b_c \geq 2,00$ m L = 1,0 m		
h_1 (m)	q (m^3/dt/lebar meter)				h_1 (m)	q (m^3/dt/lebar meter)		
	P_1 = 0,20 m	P_1 = 0,30 m	P_1 = 0,40 m	$P_1 = \infty$		P_1 = 0,40 m	P_1 = 0,60 m	$P_1 = \infty$
,360	,4055	,3903	,3828	,3623	,720	1,153	1,111	1,029
,370	,4238	,4083	,3997	,3776	,740	1,205	1,160	1,079
,380	,4424	,4261	,4168	,3931	,760	1,257	1,210	1,117
,390	,4614	,4441	,4343	,4088	,780	1,311	1,262	1,161
,400	,4806	,4624	,4520	,4248	,800	1,366	1,314	1,207
,410	,5002	,4810	,4701	,4409	,820	1,422	1,367	1,252
,420	,5200	,4999	,4883	,4573	,840	1,489	1,420	1,299
,430	,5401	,5190	,5069	,4738	,860	1,535	1,474	1,346
,440	,5607	,5385	,5257	,4905	,880	1,593	1,530	1,393
,450	,5815	,5582	,5447	,5075	,900	1,652	1,586	1,441
,460	,6025	,5782	,5641	,5246	,920	1,712	1,642	1,490
,470	,6238	,5984	,5837	,5419	,940	1,773	1,700	1,539
,480	,6455	,6189	,6035	,5594	,960	1,834	1,758	1,588
,490	,6674	,6368	,6236	,5771	,980	1,897	1,817	1,638
,500	,6896	,6608	,6440	,5950	1,000	1,960	1,877	1,689
,510	,7122	,6822	,6646	,6130				
,520	,7350	,7038	,6855	,6312				
,530	,7580	,7257	,7065	,6496				
,540	,7814	,7478	,7279	,6682				
,550	,8050	,7702	,7495	,6869				
,560	,8290	,7929	,7715	,7059				
,570	,8532	,8158	,7396	,7249				
,580	,8776	,8390	,8159	,7442				
,590	,9024	,8624	,8385	,7636				
,600	,9274	,8861	,8613	,7832				
,610	,9527	,9102	,8844	,8029				
,620	,9782	,9343	,9077	,8228				
,630	1,004	,9588	,9312	,8429				
,640	1,030	,9835	,9550	,8632				
,650	1,056	1,008	,9790	,8836				
,660	1,083	1,034	1,003	,9041				
,670	1,110	1,059	1,208	,9249				
	ΔH = 0,046 m 0,066 m 0,086 m atau 0,1 H_1					ΔH = 0,047 m 0,087 m 0,124 m atau 0,1 H_1		

a) L_b = 2 atau 3 kali P_1 ; $L_a \geq H_1$ maks ; $L_a + L_b \geq 2$ sampai 3 kali H_1 maks

b) Perubahan kenaikan debit

Tabel A.2.2 Harga-Harga Perbandingan y_c/H_1 Sebagai Fungsi m dan H_1/b untuk Bagian Pengontrol Trapesium

$\frac{H_1}{b}$	Kemiringan Talut Saluran, Vertikal Banding Horizontal									
	Vertikal	1:0,25	1:0,50	1:0,75	1:1	1:1,50	1:2,00	1:2,50	1:3,00	1:4,00
,00	,667	,667	,667	,667	,667	,677	,667	,667	,667	,667
,01	,667	,667	,667	,667	,668	,669	,670	,670	,671	,672
,02	,667	,667	,668	,668	,670	,671	,672	,674	,675	,678
,03	,667	,668	,669	,669	,671	,673	,675	,677	,679	,683
,04	,667	,668	,670	,670	,672	,675	,677	,680	,683	,687
,05	,667	,668	,670	,670	,674	,677	,680	,683	,686	,692
,06	,667	,669	,671	,671	,675	,679	,683	,686	,690	,696
,07	,667	,669	,672	,672	,676	,681	,685	,689	,693	,699
,08	,667	,670	,672	,672	,678	,683	,676	,692	,696	,703
,09	,667	,670	,673	,673	,679	,684	,690	,695	,698	,706
,10	,667	,670	,674	,674	,680	,686	,692	,697	,701	,709
,12	,667	,671	,674	,674	,684	,690	,696	,701	,706	,715
,14	,667	,671	,675	,675	,686	,693	,699	,705	,711	,720
,16	,667	,672	,676	,676	,687	,696	,703	,709	,715	,725
,18	,667	,673	,676	,676	,690	,698	,706	,713	,719	,729
,20	,667	,674	,677	,677	,692	,701	,709	,717	,723	,733
,22	,667	,674	,678	,678	,694	,704	,712	,720	,726	,736
,24	,667	,675	,678	,678	,696	,706	,715	,723	,729	,739
,26	,667	,676	,679	,679	,698	,709	,718	,725	,732	,742
,28	,667	,676	,680	,680	,699	,711	,720	,728	,734	,744
,30	,667	,677	,680	,680	,701	,713	,723	,730	,737	,747
,32	,667	,678	,681	,681	,703	,715	,725	,733	,739	,749
,34	,667	,678	,681	,681	,705	,717	,727	,735	,741	,751
,36	,667	,679	,682	,682	,706	,719	,729	,737	,743	,752
,38	,667	,680	,683	,683	,708	,721	,731	,738	,745	,754

Tabel A.2.2 Harga-Harga Perbandingan yc/H1 Sebagai Fungsi m dan H1/b untuk Bagian Pengontrol Trapesium (Lanjutan)

$\frac{H_1}{b}$	Kemiringan Talut Saluran, Vertikal Banding Horizontal									
	Vertikal	0,25:1	0,50:1	0,75:1	1:1	1,50:1	2,00:1	2,50:1	3,00:1	4,00:1
,40	,667	,680	,683	,701	,709	,723	,733	,740	,747	,756
,42	,667	,681	,686	,703	,711	,725	,734	,742	,748	,757
,44	,667	,681	,688	,704	,712	,727	,736	,744	,750	,759
,46	,667	,682	,692	,705	,714	,728	,737	,745	,751	,760
,48	,667	,683	,694	,706	,715	,729	,739	,747	,752	,761
,50	,667	,683	,697	,708	,717	,730	,740	,748	,754	,762
,60	,667	,686	,761	,713	,723	,737	,747	,754	,759	,767
,70	,667	,688	,706	,718	,728	,742	,752	,758	,764	,771
,80	,667	,692	,709	,723	,732	,746	,756	,762	,767	,774
,90	,667	,694	,713	,727	,737	,750	,759	,766	,770	,776
1,00	,667	,697	,717	,730	,740	,754	,762	,768	,773	,778
1,20	,667	,761	,723	,737	,747	,759	,767	,772	,776	,782
1,40	,667	,706	,729	,742	,752	,764	,771	,776	,779	,784
1,60	,667	,709	,733	,747	,756	,767	,774	,778	,781	,786
1,80	,667	,713	,737	,750	,759	,770	,776	,781	,783	,787
2,00	,667	,717	,740	,754	,762	,773	,778	,782	,785	,788
3,00	,667	,730	,753	,766	,773	,781	,785	,787	,790	,792
4,00	,667	,740	,762	,773	,778	,785	,788	,790	,792	,794
5,00	,667	,748	,768	,777	,782	,788	,791	,792	,794	,795
10,00	,667	,768	,782	,788	,791	,794	,795	,796	,797	,799
∞		,800	,800	,800	,800	,800	,800	,800	,800	,800

Tabel A.2.3 Standar Alat Ukur Gerak *Romijn*

Debit Q (m^3/dtk)					
Panjang Meja L = 0,50 m atau 0,33 m		Panjang Meja L = 0,50 m			
h_1		Standar Lebar Alat Ukur (m)			
(m)	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50
0,05	0,009	0,014	0,018	0,023	0,027
0,06	0,012	0,018	0,024	0,030	0,036
0,07	0,016	0,023	0,031	0,039	0,047
0,08	0,019	0,029	0,038	0,048	0,057
0,09	0,023	0,034	0,045	0,056	0,068
0,10	0,027	0,040	0,053	0,066	0,080
0,11	0,031	0,046	0,061	0,076	0,092
0,12	0,035	0,053	0,070	0,088	0,105
0,13	0,040	0,059	0,079	0,099	0,119
0,14	0,044	0,066	0,088	0,110	0,132
0,15	0,049	0,074	0,098	0,123	0,147
0,16	0,054	0,081	0,108	0,135	0,162
0,17	0,060	0,089	0,119	0,149	0,179
0,18	0,065	0,098	0,130	0,163	0,195
0,19	0,071	0,106	0,141	0,176	0,212
0,20	0,076	0,114	0,152	0,190	0,226
0,21	0,082	0,123	0,164	0,205	0,246
0,22	0,088	0,132	0,176	0,220	0,264
0,23	0,094	0,141	0,188	0,235	0,282
0,24	0,101	0,151	0,201	0,251	0,302
0,25	0,107	0,161	0,214	0,268	0,321
0,26	0,114	0,170	0,227	0,284	0,341
0,27	0,121	0,181	0,241	0,301	0,362
0,28	0,128	0,191	0,255	0,319	0,383
0,29	0,135	0,202	0,269	0,336	0,404
0,30	0,142	0,212	0,283	0,354	0,425
0,31	0,149	0,224	0,298	0,373	0,447
0,32	0,157	0,235	0,313	0,391	0,470
0,33	0,164	0,246	0,328	0,410	0,492
0,34	0,172	0,258	0,344	0,430	0,516
0,35	0,180	0,270	0,360	0,450	0,540
0,36	0,188	0,282	0,376	0,470	0,564
0,37	0,196	0,294	0,392	0,490	0,588
0,38	0,205	0,307	0,409	0,511	0,614
0,39	0,213	0,320	0,426	0,533	0,639
0,40	0,222	0,333	0,444	0,555	0,666
0,41	0,231	0,346	0,461	0,576	0,692
0,42	0,240	0,359	0,479	0,599	0,719
0,43	0,249	0,373	0,497	0,621	0,746
0,44	0,258	0,387	0,516	0,645	0,774
0,45	0,268	0,401	0,535	0,669	0,803
0,46	0,277	0,416	0,554	0,693	0,813
0,47	0,287	0,431	0,574	0,718	0,861
0,48	0,297	0,445	0,593	0,741	0,890
ΔH =	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110

W dalam meter	Tinggi Energi Hulu Di Atas Mercu H_1 Dalam Meter															
	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60
	Satuan Debit q Dalam m^3/dt Per Meter															
0,02	0,044	0.045	0,046	0,048	0,049	0,050	0,052	0,054	0,055	0,056	0,037	0,058	0,059	0,060	0,061	0,062
0,03	0,064	0,068	0,070	0,072	0,074	0,076	0,078	0,080	0,082	0,084	0,085	0,087	0,088	0,090	0,092	0,094
0,04	0,084	0,088	0,090	0,094	0,097	0,100	0,102	0,105	0,108	0,110	0,113	0,116	0,118	0,120	0,122	0,124
0,05	0,104	0,108	0,112	0,116	0,119	0,122	0,126	0,130	0,133	0,136	0,140	0,143	0,146	0,149	0,152	0,154
0,06	0,122	0,127	0,132	0,137	0,142	0,146	0,150	0,154	0,158	0,162	0,165	0,168	0,171	0,174	0,178	0,182
0,07	0,140	0,145	0,150	0,156	0,162	0,167	0,172	0,177	0,182	0,186	0,190	0,195	0,200	0,204	0,208	0,212
0,08	0,156	0,163	0,170	0,176	0,182	0,188	0,194	0,200	0,206	0,211	0,216	0,221	0,226	0,231	0,236	0,241
0,09	0,172	0,180	0,187	0,194	0,201	0,208	0,215	0,222	0,228	0,234	0,240	0,246	0,252	0,258	0,261	0,268
0,10	0,186	0,195	0,204	0,212	0,220	0,228	0,235	0,242	0,249	0,256	0,263	0,270	0,276	0,282	0,288	0,291
0,11	0,200	0,210	0,219	0,228	0,237	0,246	0,253	0,262	0,270	0,278	0,285	0,292	0,300	0,308	0,314	0,320
0,12	0,212	0,223	0,234	0,244	0,254	0,264	0,274	0,283	0,292	0,300	0,308	0,316	0,323	0,330	0,338	0,346
0,13	0,224	0,236	0,248	0,259	0,270	0,280	0,290	0,300	0,310	0,319	0,328	0,337	0,346	0,354	0,362	0,370
0,15	0,234	0,247	0,260	0,273	0,286	0,297	0,308	0,319	0,330	0,340	0,350	0,359	0,368	0,377	0,386	0,395
0,15	0,242	0,257	0,272	0,286	0,299	0,312	0,324	0,335	0,346	0,358	0,370	0,380	0,390	0,400	0,410	0,420
0,16	0,250	0,266	0,282	0,298	0,312	0,326	0,339	0,352	0,364	0,376	0,388	0,399	0,410	0,420	0,430	0,440
0,17	0,256	0,274	0,292	0,308	0,324	0,339	0,354	0,368	0,381	0,394	0,406	0,418	0,430	0,442	0,453	0,464
0,18	0,260	0,280	0,299	0,318	0,334	0,350	0,366	0,381	0,396	0,410	0,424	0,437	0,450	0,462	0,474	0,486
0,19	0,262	0,284	0,305	0,325	0,344	0,362	0,380	0,396	0,410	0,425	0,440	0,454	0,468	0,480	0,492	0,504
0,20		0,288	0,310	0,331	0,352	0,372	0,390	0,408	0,424	0,440	0,456	0,472	0,486	0,498	0,512	0,525
0,21			0,316	0,338	0,360	0,380	0,400	0,419	0,438	0,454	0,472	0,488	0,502	0,518	0,532	0,546
0,22				0,342	0,366	0,388	0,408	0,428	0,448	0,466	0,484	0,502	0,518	0,532	0,548	0,564
0,23				0,344	0,370	0,394	0,417	0,438	0,458	0,478	0,496	0,514	0,532	0,530	0,566	0,582
0,24					0,374	0,400	0,424	0,446	0,468	0,488	0,508	0,528	0,548	0,566	0,584	0,600
0,25						0,404	0,427	0,452	0,476	0,498	0,519	0,540	0,560	0,578	0,596	0,615
0,26							0,432	0,458	0,482	0,506	0,528	0,549	0,572	0,592	0,612	0,631
0,27								0,462	0,489	0,514	0,538	0,562	0,583	0,604	0,624	0,646
0,28								0,464	0,493	0,520	0,546	0,570	0,594	0,616	0,638	0,659
0,29									0,496	0,525	0,552	0,578	0,604	0,628	0,650	0,672
0,30										0,528	0,558	0,586	0,612	0,636	0,660	0,684
0,31											0.562	0.590	0.618	0.644	0.669	0.694
0,32												0.594	0.624	0.651	0.679	0.704
0,33												0.600	0.628	0.658	0.687	0.714
0,34													0.632	0.662	0.694	0.720
0,35														0.666	0.698	0.728
0,36															0.700	0.732
0,37																0.738
0,38																0.742

CATATAN: Sahih untuk kecepatan datang yang boleh diabaikan/tidak dihitung (h_1)

Tabel A.2.5 Bangunan Sadap Pipa Sederhana[1)]

Diameter Gorong-Gorong	0,15 m		0,20 m		0,25 m		0,30 m	
Jumlah Kehilangan Energi dalam m	V m/dt	Q m^3/dt	V m/dt	Q m^3/dt	V m/dt	Q m^3/dt	V m/dt	Q m^3/dt
0,05	0,39	0,007	0,45	0,014	0,50	0,025	0,54	0,030
0,10	0,56	0,010	0,64	0,020	0,71	0,035	0,76	0,054
0,15	0,68	0,012	0,79	0,025	0,87	0,042	0,93	0,066
0,20	0,79	0,014	0,91	0,028	1,00	0,049	1,07	0,076
0,25	0,88	0,016	1,01	0,032	1,12	0,055	1,20	0,085
0,30	0,97	0,017	1,11	0,035	1,22	0,060	1,31	0,093
0,35	1,04	0,018	1,20	0,038	1,32	0,065	1,42	0,100
0,40	1,12	0,020	1,28	0,040	1,41	0,069	1,52	0,107
0,45	1,18	0,021	1,36	0,043	1,50	0,074	1,61	0,114
0,50	1,25	0,022	1,43	0,045	1,58	0,078	1,70	0,120
0,55	1,31	0,023	1,50	0,047	1,66	0,081	1,78	0,126
0,60	1,37	0,024	1,57	0,049	1,73	0,085	1,86	0,131
0,65	1,42	0,025	1,63	0,051	1,80	0,080	1,94	0,137
0,70	1,48	0,026	1,70	0,053	1,87	0,092	2,01	0,142
0,75	1,53	0,027	1,76	0,055	1,94	0,095	2,08	0,147
0,80	1,58	0,028	1,81	0,057	2,00	0,098	2,15	0,152
0,85	1,63	0,029	1,87	0,059	2,06	0,101	2,21	0,156
0,90	1,67	0,030	1,92	0,060	2,12	0,104	2,28	0,161
0,95	1,72	0,030	1,98	0,062	2,18	0,107	2,34	0,165
1,00	1,76	0,031	2,03	0,064	2,23	0,110	2,40	0,170
1,05	1,81	0,032	2,08	0,065	2,29	0,112	2,46	0,174
1,10	1,85	0,033	2,13	0,067	2,34	0,115	2,52	0,178
1,15	1,89	0,033	2,17	0,068	2,40	0,118	2,57	0,182
1,20	1,93	0,034	2,22	0,070	2,45	0,120	2,63	0,186
1,25	1,97	0,035	2,27	0,071	2,50	0,123	2,68	0,190
1,30	2,01	0,036	2,31	0,073	2,55	0,125	2,74	0,193

[1)] Pipa mengalir penuh: Panjang, 15 m; Kekasaran, 70 $m^{1/3}$/dt (untuk beton) Koefisien kehilangan masuk 0,50; Koefisien kehilangan keluar 1,00.

Tabel A.2.5 Bangunan Sadap Pipa Sederhana[1)] (Lanjutan)

Diameter Gorong-Gorong	0,40 m		0,50 m		0,60 m	
Jumlah Kehilangan Energi dalam m	V m/dt	Q m^3/dt	V m/dt	Q m^3/dt	V m/dt	Q m^3/dt
0,05	0,59	0,074	0,63	0,124	0,66	0,186
0,10	0,84	0,105	0,89	0,175	0,93	0,263
0,15	1,03	0,129	1,09	0,214	1,14	0,323
0,20	1,18	0,149	1,26	0,248	1,32	0,373
0,25	1,32	0,166	1,41	0,277	1,47	0,417
0,30	1,45	0,182	1,55	0,303	1,61	0,456
0,35	1,57	0,197	1,67	0,326	1,74	0,493
0,40	1,67	0,210	1,78	0,350	1,86	0,527
0,45	1,78	0,223	1,89	0,371	1,98	0,559
0,50	1,87	0,235	1,99	0,391	2,08	0,589
0,55	1,96	0,247	2,09	0,411	2,19	0,618
0,60	2,05	0,258	2,19	0,429	2,28	0,645
0,65	2,13	0,268	2,27	0,446	2,38	0,672
0,70	2,22	0,278	2,36	0,463	2,47	0,697
0,75	2,29	0,288	2,44	0,479	2,55	0,722
0,80	2,37	0,297	2,52	0,495	2,64	0,745
0,85	2,44	0,307	2,60	0,510	2,72	0,768
0,90	2,51	0,315	2,68	0,525	2,80	0,790
0,95	2,58	0,324	2,75	0,540	2,87	0,812
1,00	2,65	0,333	2,82	0,554	2,95	0,833
1,05	2,71	0,341	2,89	0,567	3,02	0,854
1,10	2,78	0,349	2,96	0,581	3,09	0,874
1,15	2,84	0,357	3,03	0,594	3,16	0,893
1,20	2,90	0,364	3,09	0,606	3,23	0,913
1,25	2,96	0,372	3,15	0,619	3,30	0,932
1,30	3,02	0,379	3,22	0,631	3,36	0,950

Tabel A.2.6 Perbandingan Tak Berdimensi untuk Loncat Air (dari *Bos Replogle and Clemens*, 1984)

$\frac{\Delta H}{H_1}$	$\frac{y_d}{y_u}$	$\frac{y_u}{H_1}$	$\frac{v_u^2}{2gH_1}$	$\frac{H_u}{H_1}$	$\frac{y_d}{H_1}$	$\frac{v_d^2}{2gH_1}$	$\frac{H_d}{H_1}$
0,2446	3,00	0,3669	1,1006	1,4675	1,1006	0,1223	1,2229
0,2688	3,10	0,3599	1,1436	1,5035	1,1157	0,1190	1,2347
0,2939	3,20	0,3533	1,1870	1,5403	1,1305	0,1159	1,2464
0,3198	3,30	0,3469	1,2308	1,5777	1,1449	0,1130	1,2579
0,3465	3,40	0,3409	1,2749	1,6158	1,1590	0,1103	1,2693
0,3740	3,50	0,3351	1,3194	1,6545	1,1728	0,1077	1,2805
0,4022	3,60	0,3295	1,3643	1,6938	1,1863	0,1053	1,2916
0,4312	3,70	0,3242	1,4095	1,7337	1,1995	0,1030	1,3025
0,4609	3,80	0,3191	1,4551	1,7742	1,2125	0,1008	1,3133
0,4912	3,90	0,3142	1,5009	1,8151	1,2253	0,0987	1,3239
0,5222	4,00	0,3094	1,5472	1,8566	1,2378	0,0967	1,3345
0,5861	4,20	0,3005	1,6407	1,9412	1,2621	0,0930	1,3551
0,6525	4,40	0,2922	1,7355	2,0276	1,2855	0,0896	1,3752
0,7211	4,60	0,2844	1,8315	2,1159	1,3083	0,0866	1,3948
0,7920	4,80	0,2771	1,9289	2,2060	1,3303	0,0837	1,4140
0,8651	5,00	0,2703	2,0274	2,2977	1,3516	0,0811	1,4327
0,9400	5,20	0,2639	2,1271	2,3910	1,3723	0,0787	1,4510
1,0169	5,40	0,2579	2,2279	2,4858	1,3925	0,0764	1,4689
1,0957	5,60	0,2521	2,3299	2,5821	1,4121	0,0743	1,4864
1,1763	5,80	0,2467	2,4331	2,6798	1,4312	0,0723	1,5035

Tabel A.2.6 Perbandingan Tak Berdimensi untuk Loncat Air (dari *Bos Replogle and Clemens*, 1984) (Lanjutan)

$\frac{\Delta H}{H_1}$	$\frac{y_d}{y_u}$	$\frac{y_u}{H_1}$	$\frac{v_{u^2}}{2gH_1}$	$\frac{H_u}{H_1}$	$\frac{y_d}{H_1}$	$\frac{v_{d^2}}{2gH_1}$	$\frac{H_d}{H_1}$
1,2585	6,00	0,2417	2,5372	2,7789	1,4499	0,0705	1,5203
1,3429	6,20	0,2367	2,6429	2,8796	1,4679	0,0687	1,5367
1,4280	6,40	0,2321	2,7488	2,9809	1,4858	0,0671	1,5529
1,5150	6,60	0,2277	2,8560	3,0837	1,5032	0,0655	1,5687
1,6035	6,80	0,2235	2,9643	3,1878	1,5202	0,0641	1,5843
1,6937	7,00	0,2195	3,0737	3,2932	1,5268	0,0627	1,5995
1,7851	7,20	0,2157	3,1839	3,3996	1,5531	0,0614	1,6145
1,8778	7,40	0,2121	3,2950	3,5071	1,5691	0,0602	1,6293
1,9720	7,60	0,2085	3,4072	3,6157	1,5847	0,0590	1,6437
2,0674	7,80	0,2051	3,4723	3,7354	1,6001	0,0579	1,6580
2,1641	8,00	0,2019	3,6343	3,8361	1,6152	0,0568	1,6720
2,2620	8,20	0,1988	3,7490	3,9478	1,6301	0,0557	1,6858
2,3613	8,40	0,1958	3,8649	4,0607	1,6446	0,0548	1,6994
2,4615	8,60	0,1929	3,9814	4,1743	1,6589	0,0538	1,7127
2,5630	8,80	0,1901	4,0988	4,2889	1,6730	0,0529	1,7259
2,6656	9,00	0,1874	4,2171	4,4045	1,6869	0,0521	1,7389
2,7694	9,20	0,1849	4,3363	4,5211	1,7005	0,0512	1,7517
2,8741	9,40	0,1823	4,4561	4,6385	1,7139	0,0504	1,7643
2,9801	9,60	0,1799	4,5770	4,7569	1,7271	0,0497	1,7768
3,0869	9,80	0,1775	4,6985	4,8760	1,7402	0,0489	1,7891

Tabel A.2.6 Perbandingan Tak Berdimensi untuk Loncat Air (dari *Bos Replogle and Clemens*, 1984) (Lanjutan)

$\frac{\Delta H}{H_1}$	$\frac{y_d}{y_u}$	$\frac{y_u}{H_1}$	$\frac{v_{u^2}}{2gH_1}$	$\frac{H_u}{H_1}$	$\frac{y_d}{H_1}$	$\frac{v_{d^2}}{2gH_1}$	$\frac{H_d}{H_1}$
3,1949	10,00	0,1753	4,8208	4,9961	1,7530	0,0482	1,8012
3,4691	10,50	0,1699	5,1300	5,2999	1,7843	0,0465	1,8309
3,7491	11,00	0,1649	5,4437	5,6087	1,8146	0,0450	1,8594
4,0351	11,50	0,1603	5,7623	5,9227	1,8439	0,0436	1,8875
4,3267	12,00	0,1560	6,0853	6,2413	1,8723	0,0423	1,9146
4,6233	12,50	0,1520	6,4124	6,5644	1,9000	0,0411	1,9411
4,9252	13,00	0,1482	6,7437	6,8919	1,9268	0,0399	1,9667
5,2323	13,50	0,1447	7,0794	7,2241	1,9529	0,0389	1,9917
5,5424	14,00	0,1413	7,4189	7,5602	1,9799	0,0379	2,0178
5,8605	14,50	0,1381	7,7625	7,9006	2,0032	0,0369	2,0401
6,1813	15,00	0,1351	8,1096	8,2447	2,0274	0,0361	2,0635
6,6506	15,50	0,1323	8,4605	8,5929	2,0511	0,0352	2,0863
6,8363	16,00	0,1297	8,8153	8,9450	2,0742	0,0345	2,1087
7,1702	16,50	0,1271	9,1736	9,3007	2,0968	0,0337	2,1305
7,5081	17,00	0,1247	9,5354	9,6601	2,1190	0,0330	2,1520
7,8498	17,50	0,1223	9,9005	10,0229	2,1407	0,0323	2,1731
8,1958	18,00	0,1201	10,2693	10,3894	2,1619	0,0317	2,1936
8,5438	18,50	0,1180	10,6395	10,7575	2,1830	0,0311	2,2141
8,8085	19,00	0,1159	11,0164	11,1290	2,2033	0,0305	2,2339
9,2557	19,50	0,1140	11,3951	11,5091	2,2234	0,0300	2,2534
9,6160	20,00	0,1122	11,765	11,8887	2,2432	0,0295	2,2727

Tabel A.2.7 Data-Data Tanah

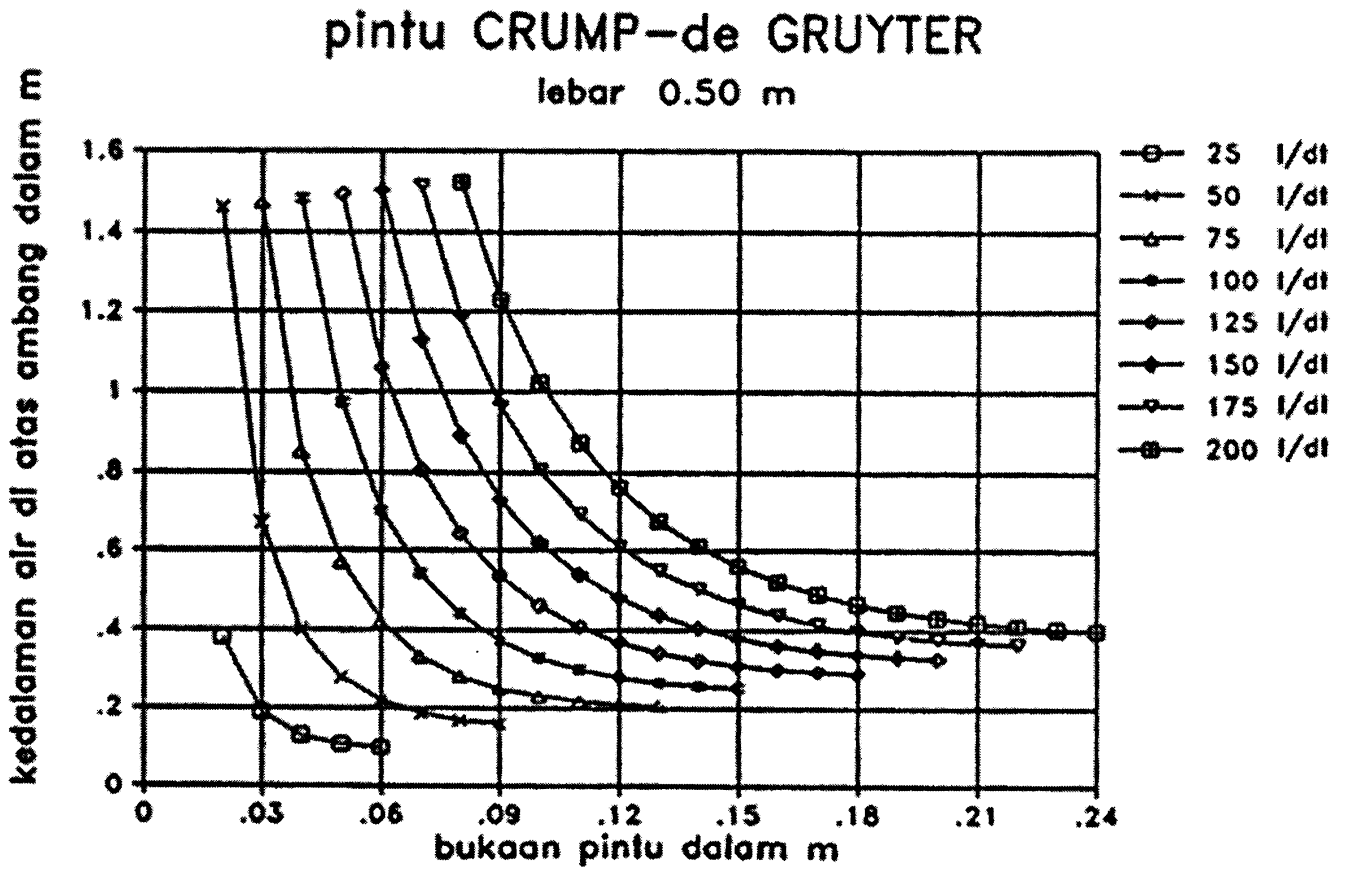
	Sifat-Sifat Penting						
	Nama Jenis	Kekuatan Geser	Kemungkinan untuk Dikerjakan Sebagai Bahan Konstruksi	Kelulusan K (cm/dt)	Sifat Kepadatan	Standar Berat Isi Tanah Proktor (ton/m^3)	
GW	Kerikil bergradasi baik, campuran kerikil-pasir, dengan sedikit/tanpa bahan halus	Baik Sekali	Baik Sekali	$K > 10^{-2}$	Baik	2,00 – 2,16	GW
GP	Kerikil bergradasi jelek, campuran kerikil-pasir dengan sedikit/tanpa berbahan halus	Baik	Baik	$K > 10^{-2}$	Baik	1,84 – 2,00	GP
GM	Kerikil lanauan, kerikil-pasir-lumpur	Baik sampai Sedang	Baik	$K > 10^{-3}$ sampai 10^{-6}	Baik dengan Pengawasan Ketat	1,92 – 2,16	GM
GC	Kerikil lempungan, campuran kerikil-pasir-lempung	Baik	Baik	$K > 10^{-6}$ sampai 10^{-8}	Baik	1,84 – 2,08	GC
SW	Pasir bergradasi baik, pasir kerikilan, dengan sedikit/tanpa bahan halus	Baik Sekali	Baik Sekali	$K > 10^{-3}$	Baik	1,76 – 2,08	SW
SP	Pasir bergradasi jelek, pasir kerikilan, dengan sedikit/tanpa bahan halus	Baik	Sedang	$K > 10^{-3}$	Baik	1,60 – 1,92	SP
SM	Pasir lanauan, campuran pasir-lumpur	Baik sampai Sedang	Sedang	$K > 10^{-3}$ sampai 10^{-6}	Baik dengan Pengawasan Ketat	1,76 – 2,00	SM
SC	Kerikil lempungan, campuran pasir-tanah liat	Baik sampai Sedang	Baik	$K > 10^{-6}$ sampai 10^{-8}	Baik	1,68 – 2,00	SC
ML	Lanau inorganik dan pasir, batu tumbuk yang amat halus/pasir lanauan/lempungan halus/lanau lempungan dengan plastisitas rendah	Sedang	Sedang	$K > 10^{-3}$ sampai 10^{-6}	Baik sampai Jelek dengan Pengawasan Ketat	1,52 – 1,92	ML
CL	Lempung inorganik dengan plastisitas rendah-sedang, lempung kerikilan, pasiran, lanauan, lempung geluh	Sedang	Baik sampai Sedang	$K > 10^{-6}$ sampai 10^{-8}	Sedang sampai Baik	1,52 – 1,92	CL
OL	Lanau organik dan lempung lanauan organik dengan plastisitas rendah	Jelek	Sedang	$K > 10^{-4}$ sampai 10^{-6}	Sedang sampai Jelek	1,28 -1,60	OL
MH	Lanau inorganik, tanah pasiran/lanauan halus, elastis	Sedang sampai Jelek	Jelek	$K > 10^{-4}$ sampai 10^{-6}	Jelek sampai Sangat Jelek	1,12 – 1,52	MH
CH	Lempung inorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk	Jelek	Jelek	$K > 10^{-6}$ sampai 10^{-8}	Sedang sampai Jelek	1,20 – 1,68	CH
OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi, lanau organik	Jelek	Jelek	$K > 10^{-6}$ sampai 10^{-8}	Jelek sampai Sangat Jelek	1,04 – 1,60	OH
Pt	Tanah gambut dan jenis-jenis tanah organik tinggi laiinnya	Tidak cocok untuk konstruksi					Pt

Tabel A.2.7 Data-Data Tanah (Lanjutan)

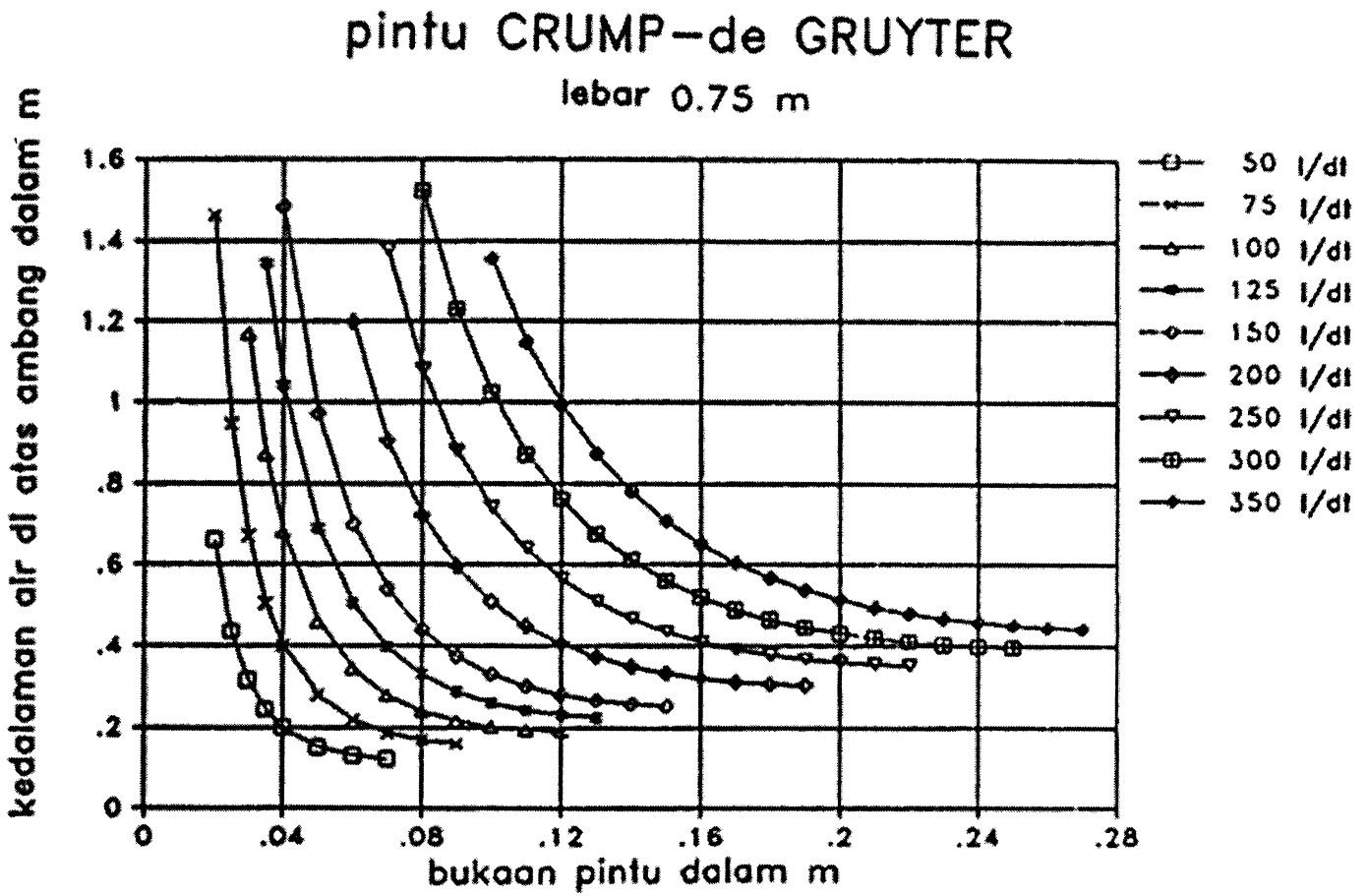
	Tanggul					
	Jenis Mesin Gilas yang Cocok	Sifat-Sifat Relatif		Gaya Tahan Terhadap Erosi Bawah Tanah	Kemampuan Mengambil Deformasi Di Bawah Beban Tanpa Gesekan	Keterangan dan Kegunaan Umum	
		Kelulusan	Kemampatan				
GW	Traktor berban gerigi/baja dan mesin giling getar	Tinggi	Sangat Kecil	Baik	Tidak ada	Sangat stabil, lapisan penutup kedap air untuk tanggul dan dam.	GW
GP	Traktor berban gerigi/baja dan mesin giling getar	Tinggi	Sangat Kecil	Baik	Tidak ada	Cukup stabil, lapisan penutup kedap air untuk tanggul dan dam.	GP
GM	Mesin gilas berban karet/mesin giling tumbuk (*sheep foot*)	Sedang	Kecil	Jelek	Jelek	Cukup stabil, tidak begitu cocok untuk lapisan penutup tetapi bisa dipakai untuk teras kedap air atau selimut.	GM
GC	Mesin gilas berban karet/mesin giling tumbuk (*sheep foot*)	Rendah	Kecil	Baik	Sedang	Cukup stabil, boleh dipakai untuk teras kedap air.	GC
SW	Traktor berban gerigi & mesin giling getar atau berban baja	Tinggi	Sangat Kecil	Sedang	Tidak ada	Sangat stabil, bagian-bagian kedap air, lindungan talut diperlukan.	SW
SP	Traktor berban gerigi & mesin giling getar atau berban baja	Tinggi	Sangat Kecil	Sedang sampai Jelek	Tidak ada	Cukup stabil, dapat digunakan dalam tanggul yang landai.	SP
SM	Mesin gilas berban karet/mesin giling tumbuk (*sheep foot*)	Sedang	Kecil	Jelek sampai Sedang	Jelek	Cocok untuk lapisan penutup bisa dipakai untuk teras/tanggul kedap air.	SM
SC	Mesin gilas berban karet/mesin giling tumbuk (*sheep foot*)	Rendah	Kecil	Baik	Sedang	Cukup stabil untuk teras kedap air bangunan pengendali banjir.	SC
ML	Mesin giling tumbuk	Sedang	Sedang	Jelek sampai Jelek Sekali	Sangat Jelek	Stabilitas jelek, boleh dipakai untuk tanggul dengan pengawasan yang baik. Berbeda menurut kandungan air.	ML
CL	Mesin giling tumbuk	Rendah	Sedang	Baik sampai Sedang	Baik sampai Jelek	Stabil, untuk teras dan selimut kedap air.	CL
OL	Mesin giling tumbuk	Sedang sampai Rendah	Sedang sampai Tinggi	Baik sampai Jelek	Sedang	Tidak cocok untuk tanggul.	OL
MH	Mesin giling tumbuk	Sedang sampai Rendah	Sangat Tinggi	Baik sampai Jelek	Baik	Urukan, tidak cocok untuk konstruksi urukan yang dipadatkan dengan mesin gilas.	MH
CH	Mesin giling tumbuk	Rendah	Tinggi	Baik Sekali	Baik Sekali	Stabilitas cukup dengan kemiringan landai, teras selimut dan potongan tanggul tipis.	CH
OH	Mesin giling tumbuk	Sedang sampai Rendah	Sangat Tinggi	Baik sampai Jelek	Baik	Tidak cocok untuk tanggul.	OH
Pt	Jangan dipakai untuk tanggul						Pt

Tabel A.2.7 Data-Data Tanah (Lanjutan)

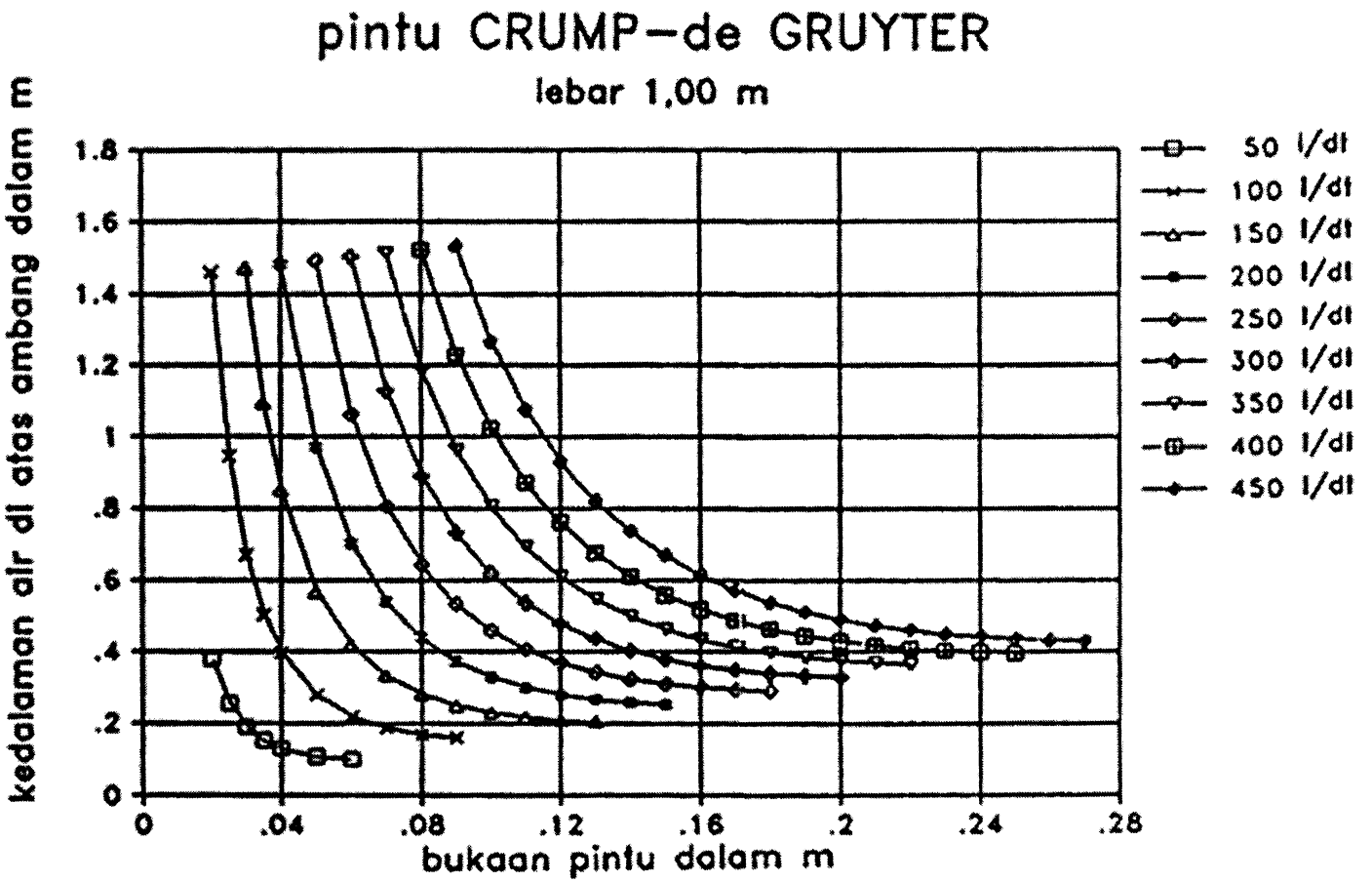
Tanah Pondasi, Karena Tidak Terganggu, Banyak Dipengaruhi Oleh Asal Geologinya, Penilaian dan Percobaan Harus Dipakai Di Samping Generalisasi Ini						
		Kebocoran	Relatif			
	Daya Dukung	Rembesan Penting	Rembesan Tidak Penting	Kebutuhan Pengawasan Rembesan		
				Waduk Permanen	Penampungan Air Banjir	
GW	Baik	-	1	Dinding halang/selimut positif	Pengawasan hanya sampai pada volume yang dapat diterima plus pembebas tekanan, jika perlu	GW
GP	Baik	-	3	Dinding halang/selimut positif	Pengawasan hanya sampai pada volume yang dapat diterima plus pembebas tekanan, jika perlu	GP
GM	Baik	2	4	Teras paritan sampai tidak ada	Tidak ada	GM
GC	Baik	1	6	Tidak ada	Tidak ada	GC
SW	Baik	-	2	Dinding halang positif/selimut hulu dan pembuang pangkal/sumur	Pengawasan hanya sampai pada volume yang dapt diterima plus pembebas tekanan, jika perlu	SW
SP	Baik sampai jelek tergantung pada berat isi	-	5	Dinding halang positif/selimut hulu dan pembuang pangkal/sumur	Pengawasan hanya sampai pada volume yang dapt diterima plus pembebas tekanan, jika perlu	SP
SM	Baik sampai jelek tergantung pada berat isi	4	7	Selimut hulu dan alur pembuang pangkal/sumur	Pengawasan hanya sampai pada volume yang dapt diterima plus pembebas tekanan, jika perlu	SM
SC	Baik sampai jelek	3	8	Tidak ada	Tidak ada	SC
ML	Sangat jelek mudah mencair	6, jika dijenuhkan/dibasahi dahulu	9	Dinding hilang positif/selimut hulu dan alur pembuang dan sumur	Pengawasan yang memadai untuk mencegah bahaya rembesan dan erosi bawah tanah	ML
CL	Baik sampai jelek	5	10	Tidak ada	Tidak ada	CL
OL	Sedang sampai jelek, bisa mengalamai penurunan yang lebih	7	11	Tidak ada	Tidak ada	OL
MH	Jelek	8	12	Tidak ada	Tidak ada	MH
CH	Sedang sampai jelek	9	13	Tidak ada	Tidak ada	CH
OH	Sangat jelek	10	14	Tidak ada	Tidak ada	OH
Pt				Pindahkan dari pondasi		Pt



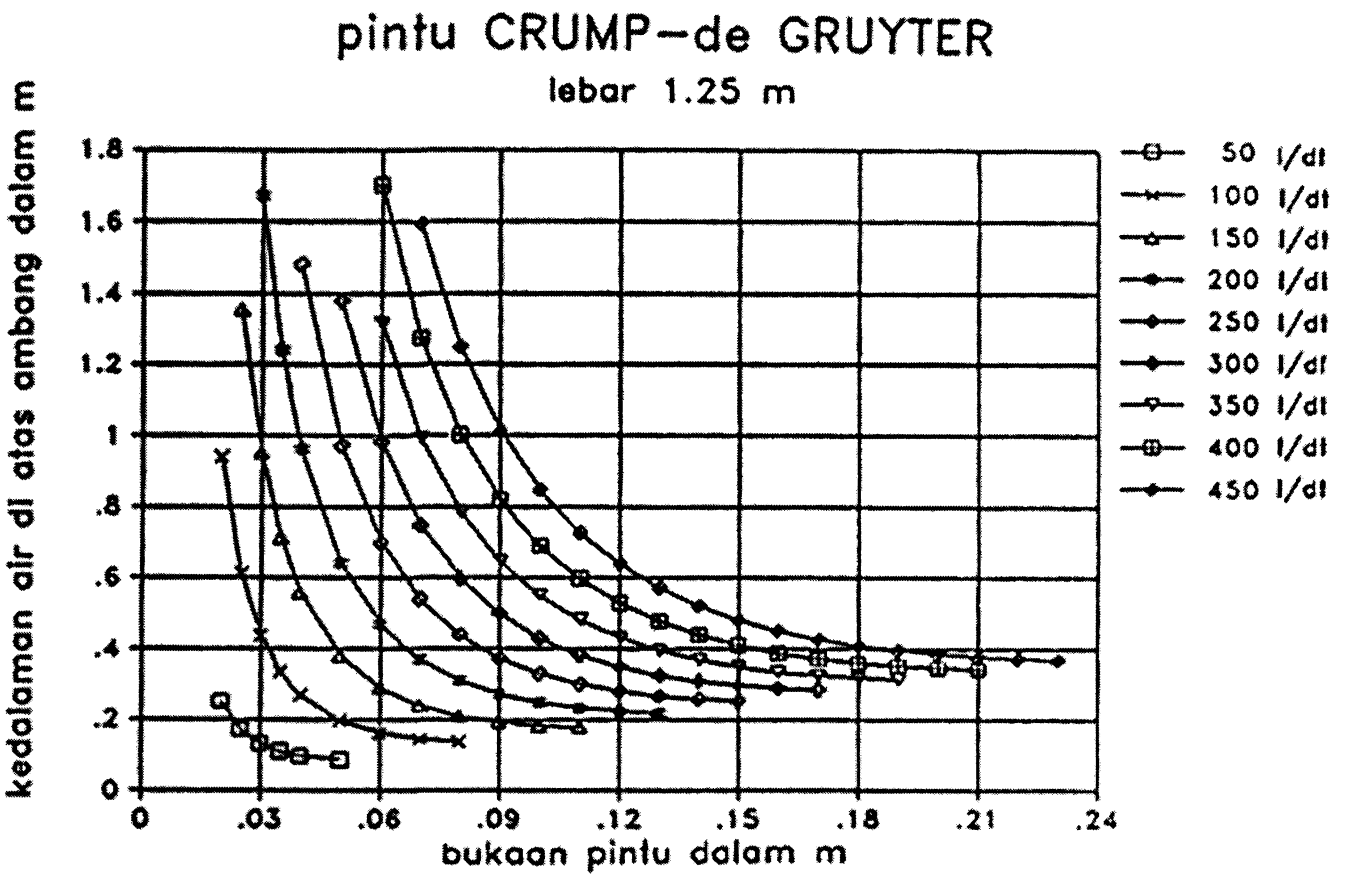
Gambar A.2.1 Alat untuk *Crump-de Gruyter* (lebar 0,5 m)



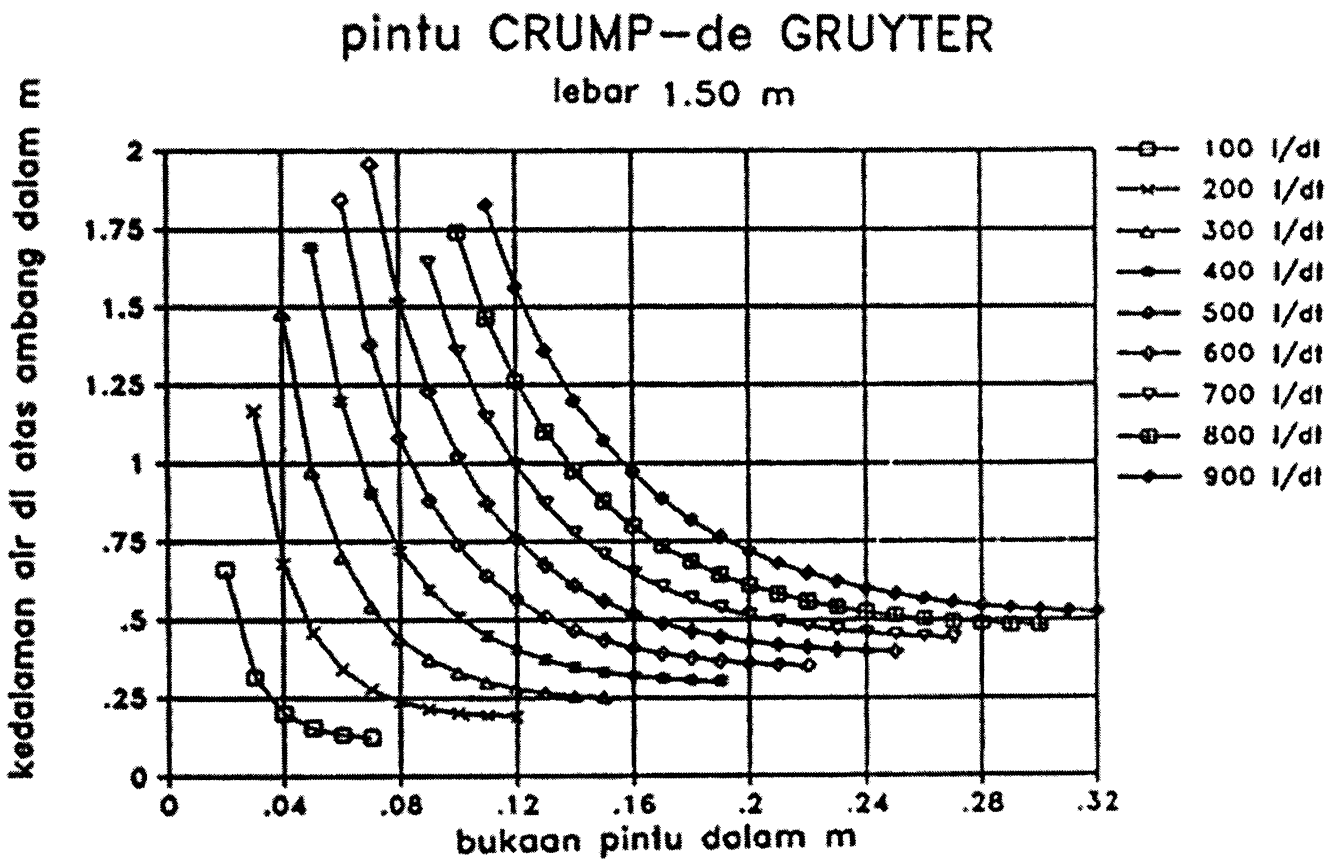
Gambar A.2.2 Alat untuk *Crump-de Gruyter* (lebar 0,75 m)



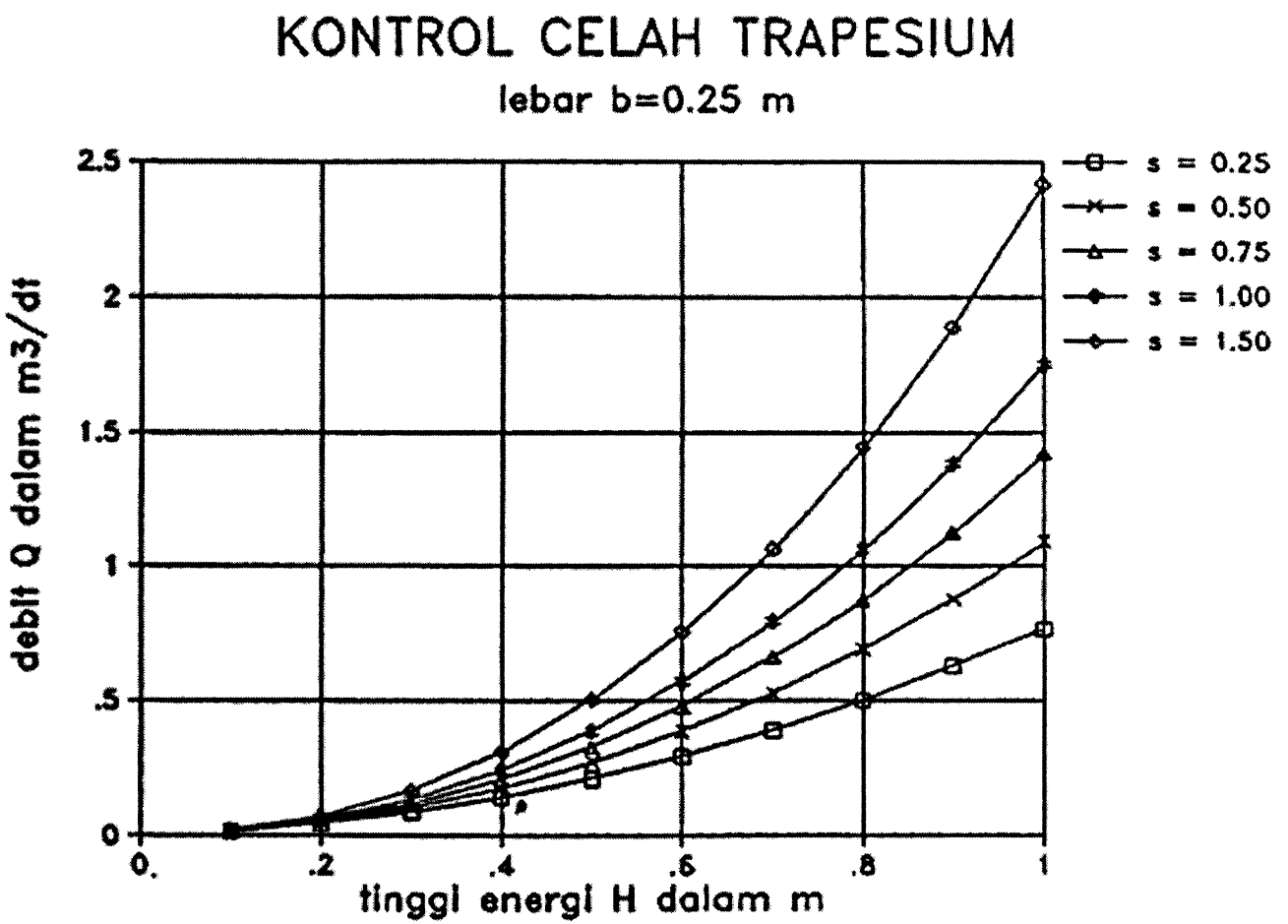
Gambar A.2.3 Alat untuk *Crump-de Gruyter* (lebar 1,00 m)



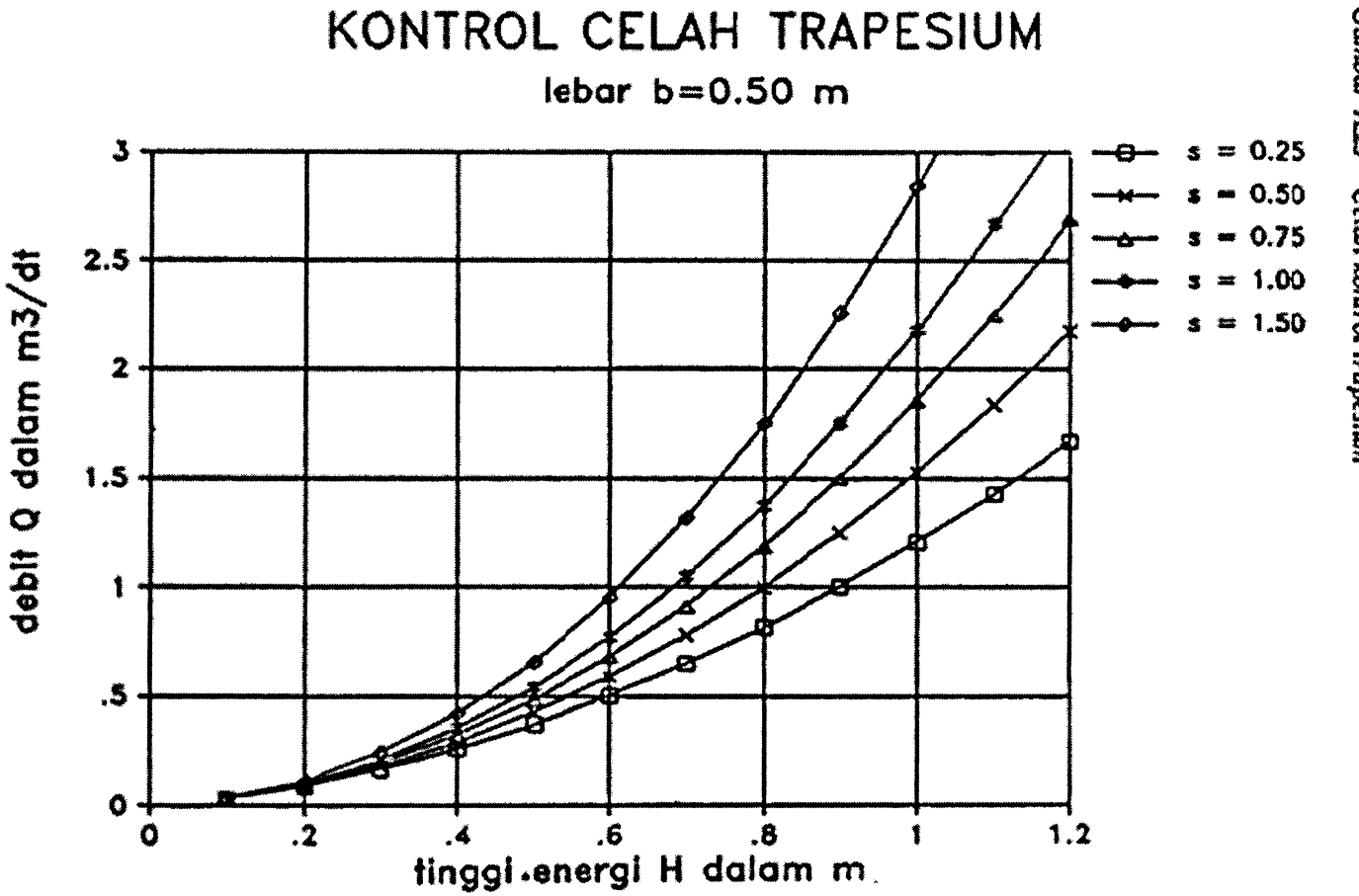
Gambar A.2.4 Alat untuk *Crump-de Gruyter* (lebar 1,25 m)



Gambar A.2.5 Alat untuk *Crump-de Gruyter* (lebar 1,50 m)

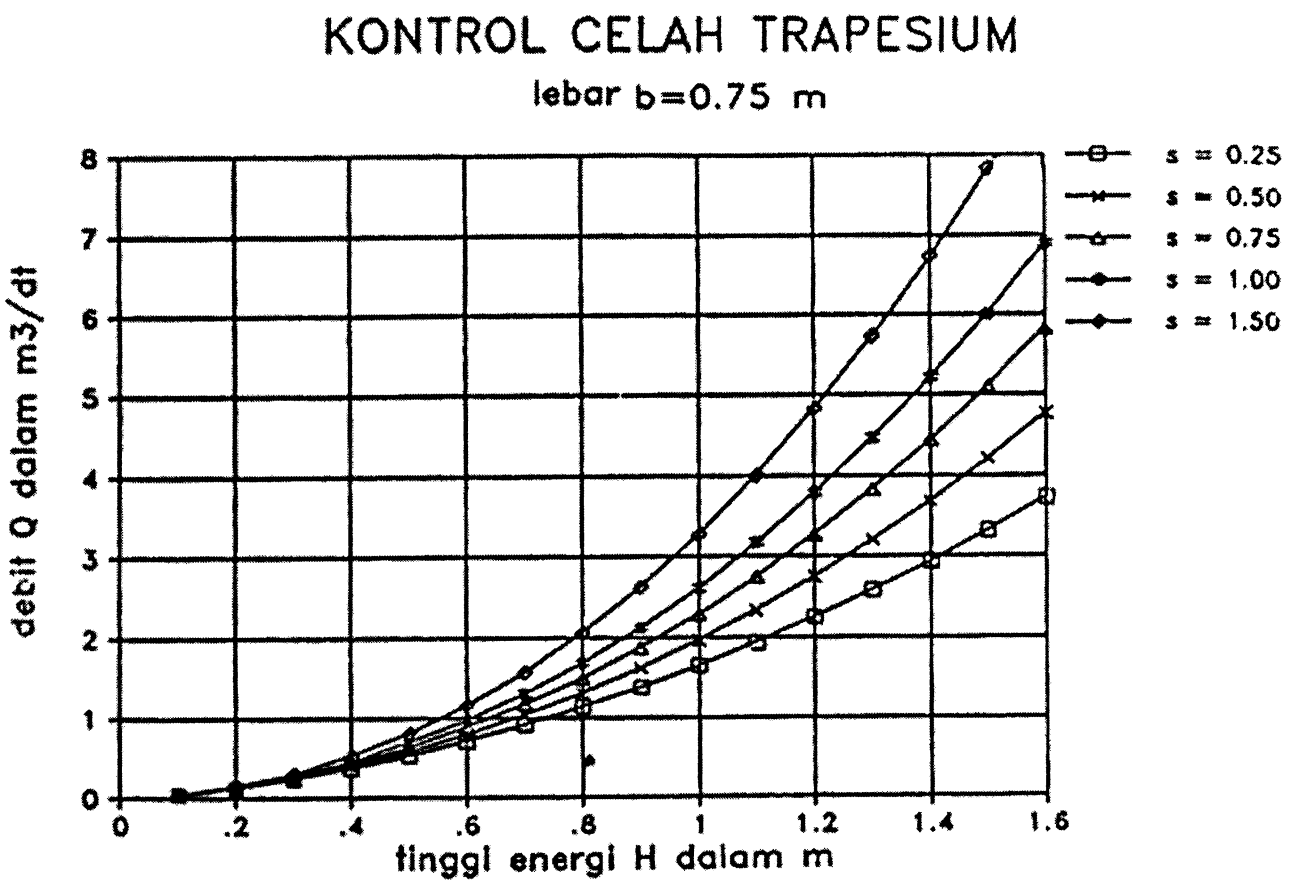


Gambar A.2.6 Celah Kontrol Trepesium (Lebar b = 0,25 m)

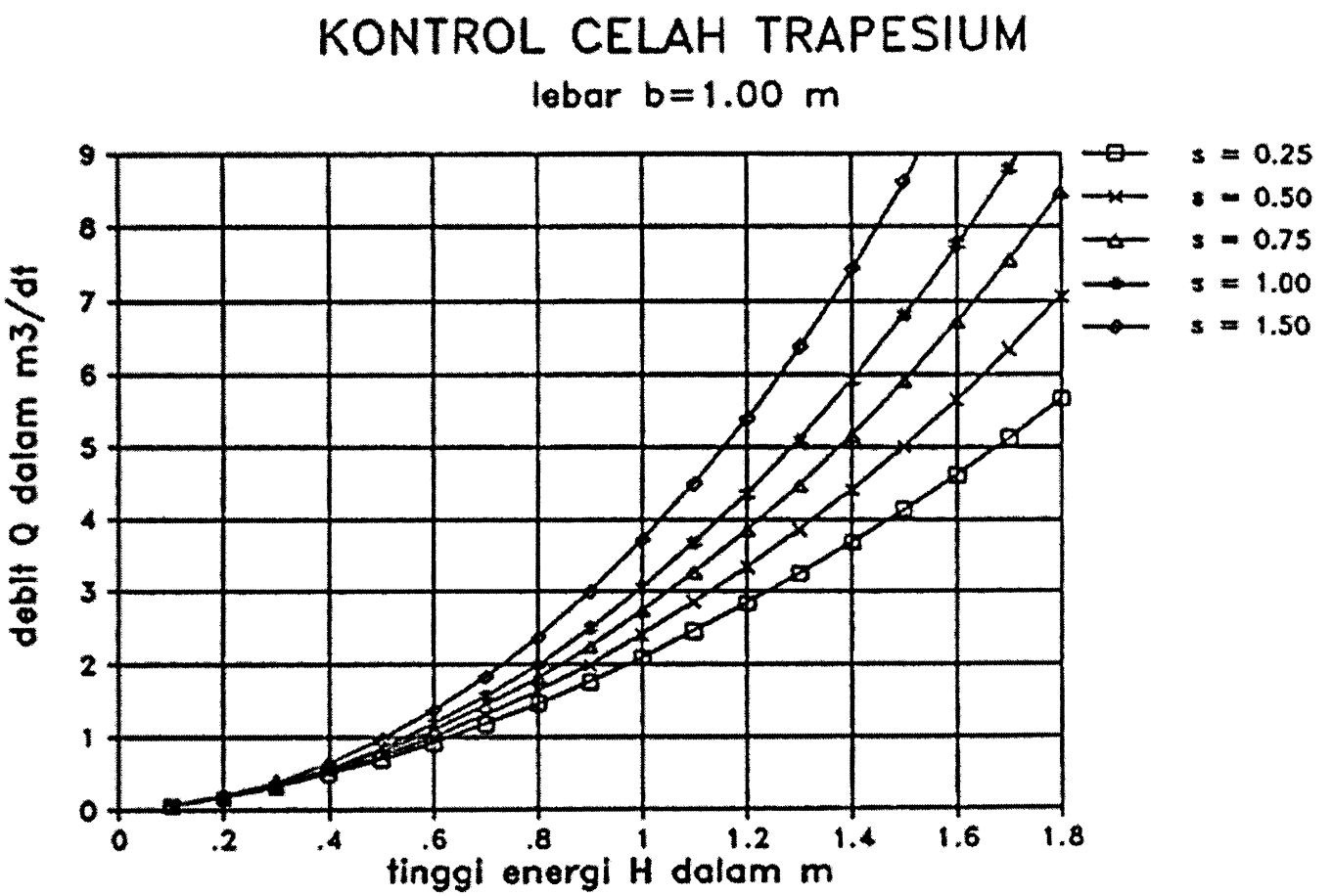


Gambar A.2.7 Celah kontrol trapesium

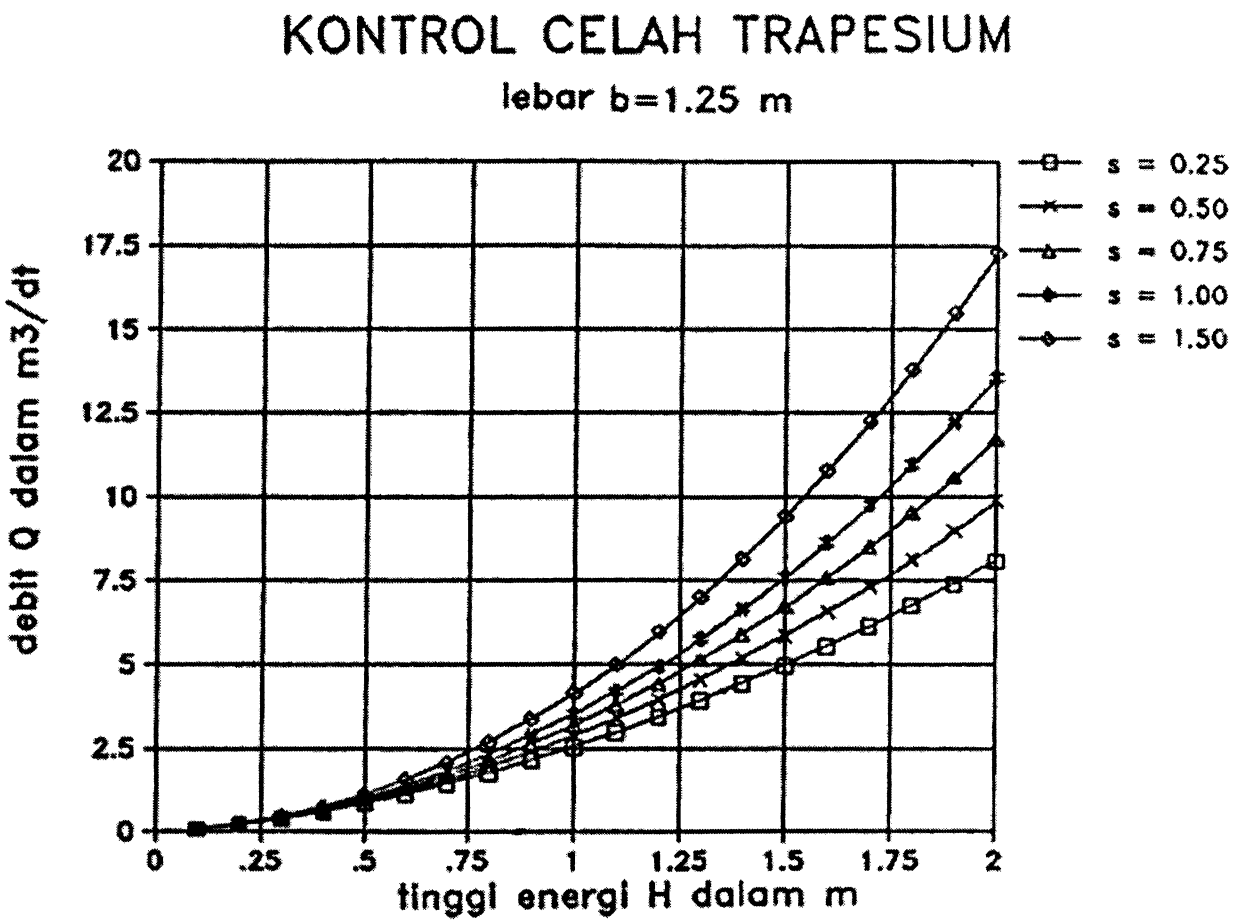
Gambar A.2.7 Celah Kontrol Trepesium (Lebar b = 0,50 m)



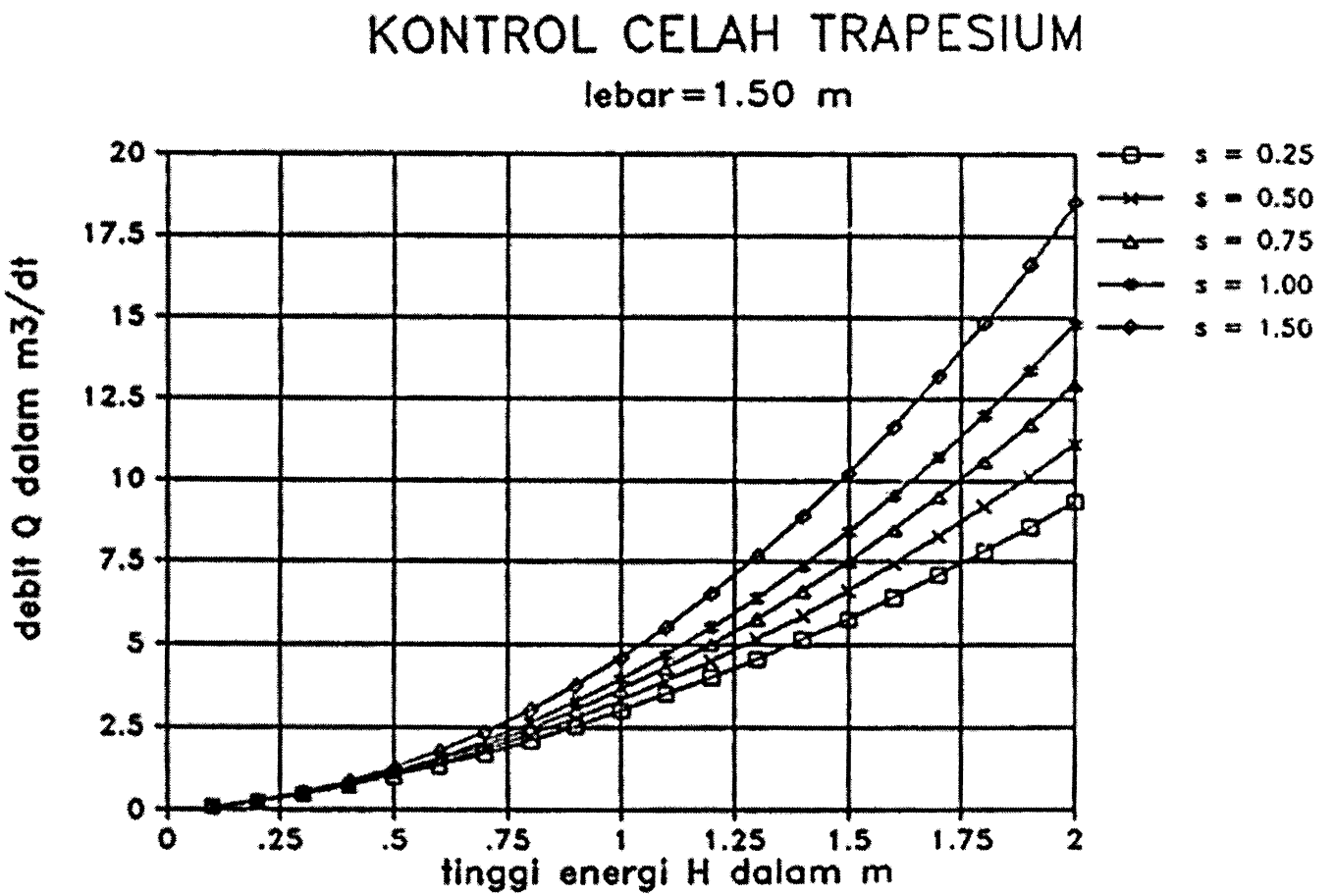
Gambar A.2.8 Celah Kontrol Trepesium (Lebar b = 0,75 m)



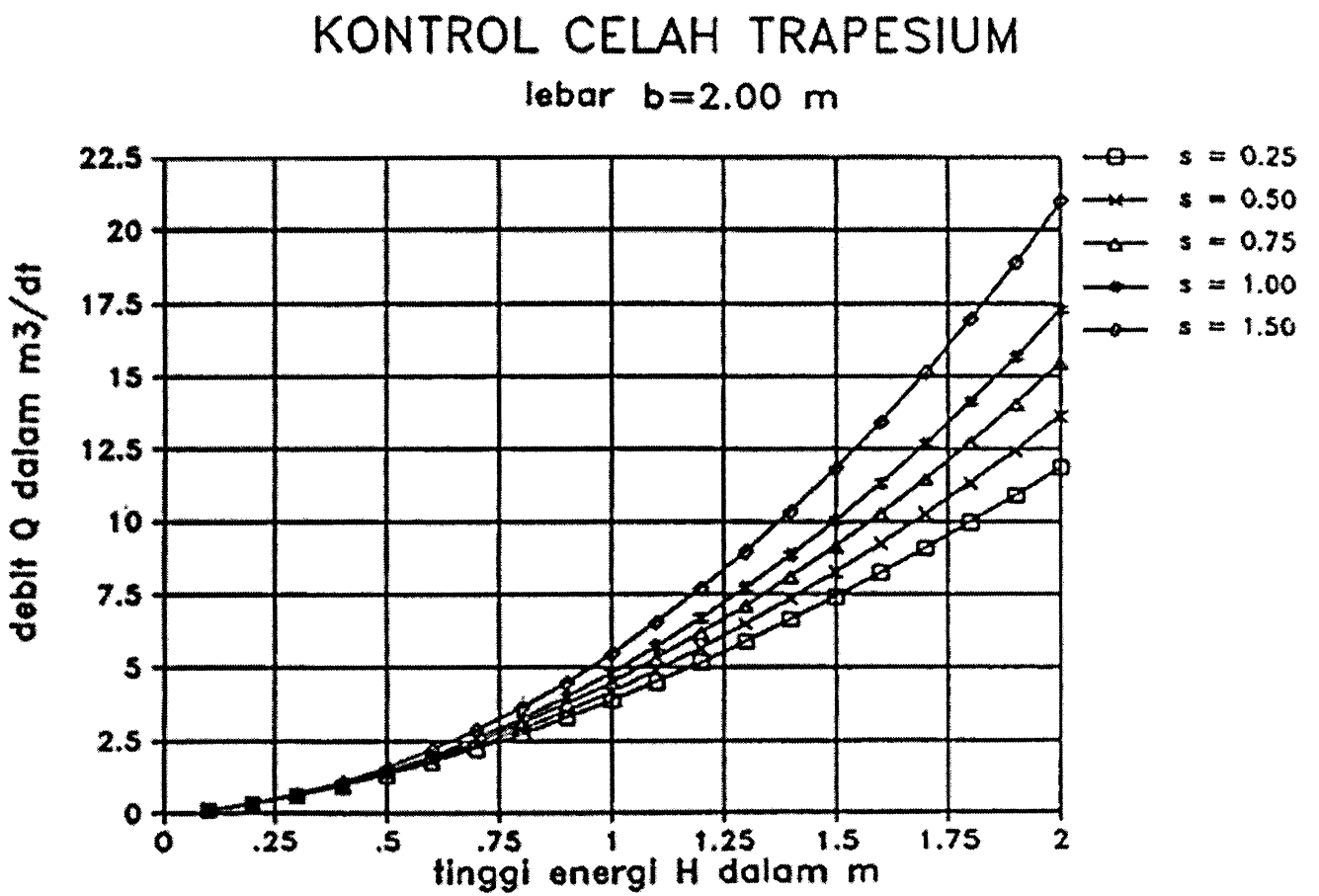
Gambar A.2.9 Celah Kontrol Trepesium (Lebar b = 1,00 m)



Gambar A.2.10 Celah Kontrol Trepesium (Lebar b = 1,25 m)



Gambar A.2.11 Celah Kontrol Trepesium (Lebar b = 1,50 m)



Gambar A.2.12 Celah Kontrol Trepesium (Lebar b = 2,00 m)

LAMPIRAN III
PERENCANAAN ALAT-ALAT PENGANGKAT

A.3.1. Pendahuluan

Lampiran ini memberikan petunjuk perencanaan dan perhitungan pekerjaan transmisi yang dikerjakan dengan tangan untuk pintu sorong. Pekerjaan transmisi itu bisa berupa satu atau dua setang.

Dasar perhitungannya adalah bahwa gaya dorong sama dengan gaya angkat ditambah dengan gaya geser di dalam komponen pekerjaan transmisi.

Gaya angkat adalah jumlah:

-Berat pintu (beban mati),

-Gaya air yang mengalir dan air tegak pada pintu, dan

-Gaya geser di dalam alur pengarah (beban statis).

Untuk mendapatkan perhitungan kekuatan yang maksimal, pemblokiran gerak pintu selama terjadi gaya dorong penuh akan dianggap sebagai kondisi yang paling ekstrem.

Hal ini bisa terjadi karena antara lain :

dibawah kondisi normal, pada waktu pintu tertutup sama sekali. Harus disediakan longgaran agar supaya gaya-gaya yang ada pada setang tidak melebihi harga-harga kekuatan nominal.

Dibawah kondisi luar biasa:

a. dengan menarik ke luar bagian persegi dari pintu, gaya-gaya geser di dalam alur pengarah bisa ditambah sampai ketinggian tertentu sehingga pintu akan terblokir;
b. adanya batu-batu, kayu atau benda-benda hanyut lainnya yang tcrsangkut dibawah pintu;
c. korosi, tumbuhan atau pelumpuran yang berlebihan.

A.3.2 Perhitungan Pekerjaan Setang Dan Transmisi

A.3.2.1 Tegangan yang Diizinkan

Dalam penghitungan pekerjaan transmisi dan setang, kondisi-kondisi berikut harus dipertimbangkan.

1) Kondisi normal (tidak terblokir):
   - harus dipakai tegangan yang diizinkan,
   - persyaratan mengenai kekuatan berkenaan dengan pelenturan dan sudut geser oleh puntiran persatuan panjang harus dipenuhi;

2) Kondisi luar biasa
   - tegangan luluh (*yield stress*) bisa dipakai.

A.3.2.2 Beban Maksimum

Untuk pintu yang dioperasikan dengan tenaga manusia, harus dipakai faktor keamanan 2 pada beban maksimum yang mungkin oleh satu orang.

Satu orang dapat menggerakkan gaya/tenaga 400 N selama waktu yang singkat.Ini berarti bahwa beban maksimum untuk perhitungan adalah 2 x 400 N = 800 N. Beban yang dapat ditahan oleh seseorang dalam waktu yang lama, 30 menit, atau lebih adalah 100 N. Nilai banding antara beban maksimumyang mungkin dan lebar nominal adalah 800 : 100 = 8.

Diandaikan bahwa sebuah roda tangan dengan jari-jari 0,30 mdapat berputar sebanyak 15-20 kali putaran per menit. Jumlah putaran untuk roda tangan dengan as tegak atau datar sama saja.

Seandainya ada dua orang atau lebih yang akan mengoperasikan pekerjaan transmisi itu, maka harga-harga beban yang telah disebutkan diatas menjadi 1,6 kali harga-harga untuk satu orang.

Apabila satu pintu mempunyai dua setang, maka masing-masing setang harus

dihitung sedemikian sehingga bisa mengambil 2/3 dari beban maksimum yang mungkin, termasuk faktor keamanan yang telah disebutkan diatas.

A.3.2.3 Koefisien Gesekan

Perbandingan antara tinggi dan lebar pintu harus lebih kecil dari koefisien gesekan f antara sisi samping pintu dan alur pengarah (h/b<f), untuk menghindari kemacetan pintu akibat ditarik-keluarnya bagian segi empat (*square*). Apabila perbandingan h/b lebih kccil daripada f, maka diperlukan dua setang.

Harga-harga koefisien gesekan f disajikanpada tabel berikut

Bahan yang Dipakai	Koefisien Gesekan f					
	Bergerak			Tak Bergerak		
	Kering	Basah	Sedikit Dilumasi	Kering	Basah	Sedikit Dilumasi
Besi tuang pada besi tuang	0,50	0,30	0,15	-	-	0,20
Besi tuang pada baja	0,20	-	-	0,25	-	-
Besi tuang pada perunggu	0,20	-	-	-	-	-
Baja pada baja	0,15	-	0,10	0,20	-	0,15
Baja pada perunggu	0,11	-	0,10	0,13	-	-
Perunggu pada perunggu	0,20	-	0,10	-	-	0,12
Kayu pada logam	0,50	0,30	0,20	0,70	0,60	-
Kayu pada kayu	0,40	-	0,10	0,50	-	0,20
Baja pada batu	-	-	-	0,50	-	-
Kayu pada batu	-	-	-	0,60	-	-

Dengan mempertimbangkan pemeliharaan yang jelek, kotoran, korosi dan sebagainya, maka dianjurkan untuk menambah koefisien gesekan untuk berbagai komponen pekerjaan transmisi dengan 40 – 50% dan untuk pengarah dengan 100%. Maksudnya, koefisien gesekan yang dianjurkan untuk gerakan baja pada perunggu adalah 0,15 bukannya 0,11 untuk perhitungan slang dan gir.

Alur pengarah f = 0,3 untuk baja pada perunggu, bukannya 0,13 (tak bergerak).

A.3.2.4 Perhitungan untuk Setang

Perhitungan pekerjaan transmisi mulai dengan:

1. Menemukan beban tarik T pada setang:
   a. Untuk kondisi normal, gaya tarik nominal T adalah: T=(G+ W)
   b. Untuk kondisi tidak normal, gaya maksimum T_{maks} adalah:

   $T_{maks} = n \times T = n (G + W)$

   dimana:

   G = berat total pintu termasuk setangnya (berat mati)
   W = beban gesekan vertikal di dalam alur
   W = (T + G)
   f = koefisien gesekan
   H = beban horizontal maksimum pada pintu
   n = faktor beban (= 8, perbandingan antara beban raksimum dan nominal)

   Untuk dua setang, gaya tarik maksimum pada masing-masing setang adalah 2/3 dari nominal maupun dari beban vertikal maksimum.

2. Gaya tekan as pada setang:
   a. Untuk kondisi normal, gaya tekan nominal P adalah: P = (W - G)
   b. Untuk kondisi tidak normal gaya tekan maksimum P maks adalah:

$$P_{maks} = n + (G + W)\frac{\tan(\Psi_{maks} + \alpha)}{\tan(\Psi_{min} + \alpha)}$$

3. Puntiran pada setang:

   $M_{w,} = (G + W) \times \tan(\psi_w + \alpha) \times r_g$

   dimana:

   $M_{w,}$ = puntiran, Nm
   d = diameter bagian luar setang, m

d_k = (d - 2t) diameter bagian tengah setang, m

r_g = jari-jari rata-rata setang; r_g 1/4 (d + d_k) m

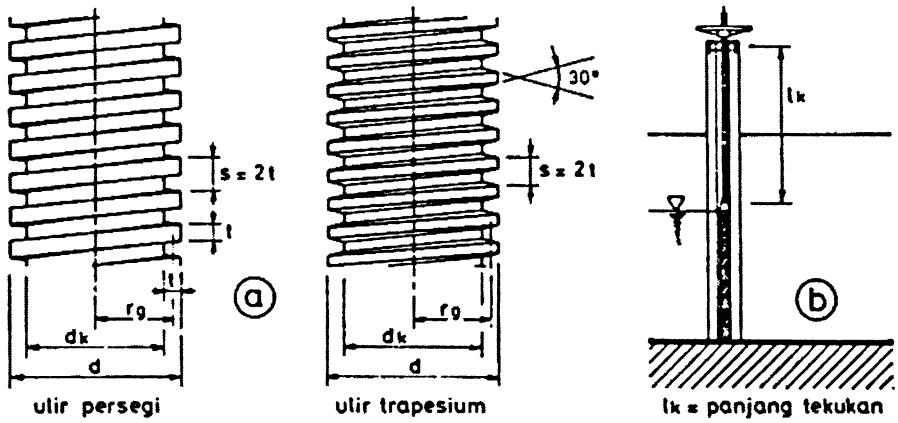
s = ulir

δ = sudut ulirtan $\alpha = \frac{s}{\pi d_k}$

ψ = sudut gesekan

ψ_{maks} = sudut gesekan (gerak) maksimum yang mungkin

ψ_{min} = sudut gesekan minimum (diberi pelumas).



Ulir Pesegi Ulir Trapesium Lk = Panjang tekukan

Penentuan puntiran maksimum dada slang untuk kondisi tidak normal:

$M_{Wmaks} = n \times (G+ W) \text{ xtan } (\psi maks + \alpha) \times r_g$

Diameter minimum teras setang yang diperlukan ditentukan,dengan memperhitungkan tekukan setang untuk gaya tekan maksimun dan puntiran maksimum. Tegangan nominal untuk tegangan dan tekanan, tegangan maksimum dan sudut maksimum karena perubahan bentuk diperiksa dengan menggunakan diameter teras yang sudah dihitung.

Untuk tekukan, ada tiga kondisi yang harus dipertimbangkan:

a. Tekanan:

$$P_k = \frac{\pi^2 EI}{l_{k^2}} \text{ kondisi } P_k \geq P_{maks}$$

b. Puntiran:

$$M_k = \frac{2\pi EI}{L_k} \text{ kondisi } M_k \geq M_{w\,maks}$$

c. Kombinasi tekanan dan puntiran; penekukan puntiran:

$$P_K * = P_K \left(1 - \left(\frac{M_{W\,maks}}{M_k}\right)^2\right)$$

$$M_k * = M_k \left(1 - \frac{P_{maks}}{M_k}\right)$$

untuk $P_k * \geq P_{maks}$ dan $M_k * \geq M_{w\,maks}$

dimana:

P_{maks} = gaya desak maksimurn pada setang, Nm.

M_{wmaks} = puntiran maksimum pada setang, Nm

L_k = panjang tekukan, m

E = modulus elastisitas, N/m^2

I = $1/64\ \pi\ d^4$ (momen lembam), m^4

d_k = diameter teras setang, m

A.3.2.5 Perencanaan Pekerjaan Transmisi

a. Satu Setang

Apabila digunakan satu setang, sebagaimana umumnya dipraktekkan untuk pintu-pintu yang lebih kecil dari 1,00 sampai 1,20 m, maka pekerjaan transmisi dapat direncana sebagai berikut:

Gerak putar mur menyebabkan pintu bergerak vertikal. Untuk mengangkat pintu, momen-momen berikut harus dipecahkan:

- momen nominal untuk mengangkat pintu:

$M_1 = (W + G) . \tan (\psi_{maks} + \alpha) . r_g$

momen gesekan antara mur dan dudukan:

$M_2 = (W + G) . \tan \psi_2 x \ r_n$

dimana:

$\tan \psi_2$ = koefisien gesekan antara mur dan dudukan

r_n = jarak antara as setang dan bagian tengah dudukan.

Momen-momen ini harus dipecahkan dengan momen yang digunakan oleh operator pintu:

$M = P \times R$

dimana :

R = jari-jari roda tangan, m

P = gaya yang digunakan oleh operator pintu, N.

Karena $M = M_1 + M_2$, maka gaya P dapat dihitung jika ukuran-ukuran Pekerjaan transmisi sudah diketahui.

b. Dua Setang

Momen nominal masing-masing slang untuk mengangkat pintu adalah:

$M_1 = 1/2 (W + G) \tan (\psi_{maks} + \alpha) . r_g$

Momen gesekan tergantung pada:

- Gaya tarik nominal;
- Koefisien gesekan;
- Jarak dari beban gesek ke as setang.

Momen gesekan antara mur dan dudukan setiap setang adalah :

$M_2 = \frac{1}{2} (W + G) \times f \times r_n$

Jumlah rnomen untuk gerak ulir adalah $M_s = M_1 + M_2$.

Momen dorong adalah:

$M = 2 \times 0{,}9 \times 0{,}9 \times (0{,}8) \times R \times P$

Dimana :

P = gaya maksimum 1 orang N

R = jari-jari roda tangan dari roda kapstan, m

0,9 = efisiensi akibat kehilangan pada setiap transmisi

0,8 = pengurangan jika coda dioperasikan oleh 2 orang.

Momen untuk gerak ulir lama dengan momen dorong kali nilai banding gir. Nilai banding, i, adalah perbandingan antar r.p.m. atau antara diameter roda gigi. Untuk pintu-pintu yang dioperasikan dengan tangan, nilai banding gir harus lebih kecil dari 6 atau 7.

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_1}{D_2} < 6 \text{ sampai } 7$$

Jika digunakan lebih banyak lagi roda transmisi jumlah nilai handing stir menjadi:

$$i = i_1 + i_2$$

Nilai banding gir itu didapat dari:

$$i = \frac{\text{jumlah momen ulir}}{\text{kopel dorong}} = \frac{2 \times M_s}{M}$$

c. Waktu Pengakatan

Setelah pekerjaantransmisi selesai direncana, waktu pengangkatan pintu bisa dihitung. Pada waktu pintu diangkat h dan puncak setang s, ulir membuat putaran h/s. Jumlah putaran coda tangan tergantung pada nilai banding gir i dan jumlahnya i x h/s.

Sebuah roda dengan jari-jari 0,3 m dapat membuat 15-20 kali putaran per menit yang memberikan kecepatan putaran 0,63 m/dt. Satu putaran roda tangan memerlukan

$$\frac{2R}{0,63} = 3,0 \text{ s}$$

dan jumlah putaran per menit mencapai sekitar 20

Waktu angkat maksimum:

$$t = \frac{i \text{ x } h}{20 \text{ x } s}$$

A.3.3 Contoh Perhitungan

Berikut diberikan contoh perhitungan dimensi pekerjaan transmisi pintu sorong dengan lebar 1,80 m dan tinggi 1,50 m. Tinggi maksimum muka air yang mungkin di alas dasar saluran peralihan adalah 1,80 m.

A3.3.1 Perhitungan Berat Mati dan Beban Statis

Beban yang harus diperhitungkan adalah:

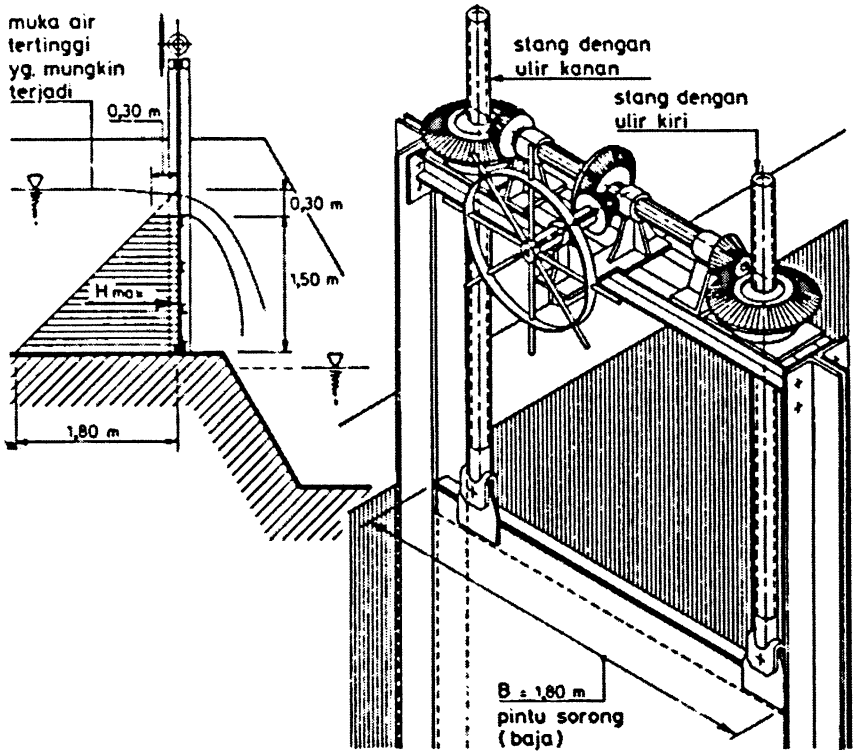
G = berat mati pintu

H = beban horizontal maksimum pada pintu

W = gaya gesek antara pintu dan alur-alur pengarah

T = gaya tarik pada setang

P = gaya tekan pada setang



Gaya-gaya maksimum dibawah kondisi tidak normal adalah 8 kali harga gaya-gaya dibawah kondisi normal.

Andaikan ada dua slang Bj 50 (kualitas baja berdasarkan PPBBI 1984) dan mur Perunggu, koefisien gesekan maksimum pada bagian pekerjaan transmisi ini ialah:

$f_{maks} = \tan \psi_{maks} = 0{,}14$ ($\psi_{maks} = 8^0$)

dan koefisien gesekan minimum:

$f_{run} = \tan \psi_{min} = 0{,}09$ ($\psi_{min} = 5^0$)

Andaikan diameter setang 52 mm dan ulir 8 mm,

$t = s/2 = 4$ mm → $d_k = d - 2t = 52 - 8 = 44$ mm .

$r_g = 1/4(d+d_k) = 1/4\ (52+44) = 24$ rmm

$$\tan \alpha = \frac{\text{hilir}}{2\pi r_g} = \frac{8}{2\pi 24} = 0{,}053 \text{ dan } \alpha = 3{,}0^0$$

Andaikan bahwa koefisien gesekan f antara pintu dan alur pengarah adalah 0,4.

Berat total pintu, termasuk setangnya adalah:

1. Pelat	= 1,86 x 1,50 x 0,012 x 7,8 x 10^4	= 2.610 N
2. Baja alur	= 2 x 10,60 x 1,65 x 10	= 350 N
3. Baja alur	= 1 x 10,60 x 1,80 x 10	= 190 N
4. Baja siku	= 2 x 8,62 x 1,30 x 10	= 220 N
5. Baja siku	= 1 x 13,4 x 1,80 x 10	= 240 N
6. Setang	= 2 x 2,70 x ¼ x 0,052 x 7,8 x 10^4	= 830 N +
	G	= 4.400 N

Beban horizontal maksimum akibat tekanan air pada pintu:

$$H = \frac{1{,}80 + 0{,}30}{2} \text{x } 1{,}50 \text{ x } 1{,}80 \text{ x } 10.000 = 28.400 \text{ N}$$

Gaya gesekan antara pintu dan alur-alur pengarah, dengan mengandaikan

Efisien gesekan untuk alur-alur tersebut, adalah

f = 0,40 (baja pada baja)

W = f x H = 0,40 x 28.400 = 11.360 N f = 0,40 (baja pada baja)

Gaya-gaya angkat dan tekan diperoleh dari:

W = 0,4 x 28.400	= 11.360 N	W	= 11.360 N
G = *Weight of gate*	= 4.440 N+	G	= 4.440 N-
W + G	= 15.800 N	W – G	= 6.920 N

- Gaya angkat total T = W + G = 15.800 N
- Gaya tekan total T= W - G = 6.920 N

Beban untuk masing-masing setang adalah 2/3 dari jumlah nominal dan beban maksimum:

gaya tarik nominal : T = 2/3 x15,800= 10.530 N

gaya tarik maksimum: T = 2/3 x 8 x15.800 = 84.270 N

Gaya tekan nominal adalah:

P= 2/3 x 6.920 = 4.610 N

Gaya tekan maksimum didapat dari:

- $P = 2/3 \times 8 (G + W) \{\tan (\psi_{maks} + \alpha)/\tan (\psi_{min} + \alpha)\}$
- $P = 84.270 \tan (8 + 3,0)/\tan (5 + 3,0) = 116.553$ N

Puntiran dibawah kondisi abnormal adalah juga 8 kali puntiran selama pengangkatan dibawah kondisi normal. Momen nominal adalah:

$M_W = 2/3 (W + G) \tan (\psi_{maks} + \alpha) \times r_g$

$= 2/3 \times 15.800 \times \tan (8 + 3,0) \times 24 \times 10^{-3}$

$= 49,1$ Nm

Momen maksimum adalah:

$M_W = 8 \times 49,1 = 393,1$ Nm

Pada waktu menghitung tekukan, pintu harus dalamkeadaan tertutup. Dalamkeadaan demikian, tekukan atau panjang elektif menjadi maksimum: LK = 1,70 m.Modulus elasitasuntuk baja adalah E = 210 " 10^9 N/m^2. Diamater setang diandaikan 52 mm dan ulir s 8 mm, yang berarti bahwa diameter teras d_k = 44 mm. Momen polar kelembaman didapat dari:

$I = \pi d_k^4/64 = \pi x (44x 10^{-3})^4/64 = 184 \times 10^{-9} (m^4)$

Untuk mencek diameter teras kedua setang beban-beban puntiran dan desakan berikut harus diperhitungkan:

a.Tekanan: $P_k = \frac{\pi^2 EI}{l^2} = \frac{3,14^2 x\, 210x\, 10^9 x\, 184x\, 10^{-9}}{1,7^2} = 132x\, 10^3 N$

Persyaratan $P_k \geq P_{maks}$ $132 \times 10^3 > 116,5 \times 10^3$

b. Puntiran : $M_k = \frac{2\pi EI}{l_k} = \frac{2 \times 3,14 \times 210 \times 10^9 \times 184 \times 10^{-9}}{1,7} = 143 \times 10^3 Nm$

Persyaratan : $M_K \geq M_{Wmaks}$

$143 \times 10^3 \geq 393,1$

c. Kombinasi tekanan dan puntiran :

$$P_k * = P_k \left(1 - \left(\frac{M_{w\,maks}}{M_k}\right)^2\right)$$

$$= 132 \times 10^3 \left(1 - \left(\frac{393,1}{143 \times 10^3}\right)^2\right)$$

$$= 132 \times 10^3 N$$

$$M_k * = M_k \left(1 - \frac{P_{maks}}{P_k}\right)^{1/2}$$

$$= 143 \times 10^3 \left(1 - \frac{116,5 \times 10^3}{132 \times 10^3}\right)^{1/2}$$

$$= 49,0 \times 10^3 N\ m.$$

Persyaratan untuk tekukan puntiran adalah:

$P_k^* \geq P_{maks}$: $132 \times 10^3 > 116,5 \times 10^3$

$M_k^* \geq M_{maks}$: $49,0 \times 10^3 > 393,1$

Apabila persyaratan-persyaratan dibawah a, b dan c semuanya terpenuhi, maka diameter yang diandaikan untuk setang 52 mm adalah memadai untuk beban-beban tarik, tekanan dan puntiran.

Tegangan-tegangan yang harus dicek antara lain

1. Tegangan tarik nominal:

$$\sigma = \frac{T}{1/4\,\pi d_k^{\,2}}$$

$$= \frac{10530}{1/4 \times \pi \times (44 \times 10^{-3})^2}$$

$$= 6{,}39 \times 10^6 \text{N/m.}$$

2. Tegangan tarik maksimum

$$\sigma = \frac{T_{maks}}{1/4\,\pi d_k^{\,2}}$$

$$= \frac{84.270}{1/4 \times \pi \times (44 \times 10^{-3})^2}$$

$$= 55{,}4 \times 10^6 \text{N/m}^2$$

Tegangan tarik maksimum adalah lebih kecil daripada tegangan luluh untuk Bj 50, yaitu 290 N/mm^2 atau 290 x 10^6 N/m^2. Tegangan tarik nominal yang diizinkan adalah 193 x 10^6 N /m^2.

Perhitungan ulir dan diameter setang

Jari-jari rata-rata adalah r_g= ¼ (d + d_K) dimana d adalah bagian luar dan d_k adalah diameter teras setang.

Perbedaan antara kedua diameter tersebut adalah t = d-d_k, jadi

r_g= 1/4(d+d_k)=1/2(d_k+t).

Jika t = n x d dan s = 2 x t.

Pcrsyaratan sudut ulir adalah a < W_{min}, dimana W adalah sudut gesekanpuncak setang diperoleh dari:

$$\text{Tan } \alpha = \frac{S}{2\pi r_g} \text{ atau}$$

$$\text{Tan } \alpha = \frac{2\,t}{2\pi \times I/2(d_k + t)}$$

$$\text{Tan } \alpha = \frac{2nd_k}{2\pi \text{ x } I/2(d_k + nd_k)} \geq \text{Tan}\psi_{min}$$

karena tg ψ_{min} adalah koefisien gesekan f, hubungan antara diameter teras Dan t bisa dinyatakan sebagai:

$$\frac{2\,n}{\pi(1+n)} \geq r$$

atau

$$n \geq \frac{\pi\, f}{2 - \pi\, f}$$

Ini berarti bahwa $t/d_k \geq \pi$ x $f/(2 - \pi f)$ atau $t \geq d_k$ xπ x $f/(2 - \pi f)$

Sudut minimum gesekan $\psi_{min} = 5°$, jadi f= 0,09 dan $t < 0{,}16\ d_{io}$. Diameter teras d_k adalah 44 mm dan $t < 0{,}16$ x 44 = 7 mm, ambil t = 4 mm dan s = 2 x t = 8mm.

Sudut ulir didapat dari $\tan \alpha = \frac{s}{2\,\pi\, r_g} = \frac{8}{2\pi \text{ x } 24} (\alpha = 3^{\circ})$, dan sudut puncak setang lebih kecil dari sudut minimum gesekan ($\psi_{min} = 5°$),

Pekerjaan Transmisi

Untuk gerakan ulir diperlukan momen nominal:

$M_1 = 1/2\ (W + G) \times \tan (\psi_{maks} + \alpha) \times r_g$

$= 1/2 \times 15.800 \times \tan 11{,}5^0 \times (24 \times 10^{-3})$

$= 38{,}5$ Nm per setang.

Jika dipakai bantalan peluru antara mur dan dukungan, maka koefisien gesekan bantalan peluru adalah f = 0,002.Apabila jarak antara pusat peluru dan as setang r = 0,0525 m, momen puntiran menjadi:

$M_2 = r \times 1/2 \times (W+G) \times f$

$= 0{,}0525 \times 1/2 \times 15.800 \times 0{,}002$

$= 0{,}83$ Nm

Jumlah kopel yang diperlukan untuk menggerakkan ulir adalah :

$M_S = M_1 + M_2$

$= 38{,}5 + 0{,}83 = 39{,}33$ Nm per setang.

Jika pada setiap transmisi 10% hilang dan dipakai roxla tangan dengan diameter 0,60 m untuk transmisi itu, maka momen yang digunakan oleh satu orang (T = 100 N) adalah:

$M = 1 \times 0{,}9 \times 0{,}9 \times 0{,}30 \times 100 = 24{,}30$ Nm

Nilai banding gir i paling harus tidak :

$$i = \frac{2M_S}{M} = \frac{2 \times 39{,}33}{24{,}30} = 3{,}2 \text{ ambil saja } 4$$

Waktu angkat didapat dari:

$$t = \frac{h \times i}{20 \times s} = \frac{1{,}50 \times 4}{20 \times (8 \times 10^{-3})}$$

Apabila tinggi angkat h = 1,50 m, maka jumlah putarannya adalah 20 per menit dan ulir 8 mm.

Waktu angkat akan berkurang apabila harga ulir s, dan jumlah putaran bertambah dan apabila besarnya nilai banding giri berkurang.

LAMPIRAN IV
KAJIAN KINERJA

EXCLUDER TIPE *VORTEX TUBE* DAERAH IRIGASI WARUJAYENG KERTOSONO KAB. KEDIRI JATIM

A.4. I Pendahuluan

Masalah terbesar yang dihadapi dalam kegiatan E & P Irigasi di Pulau Jawa umumnya dan Jawa Timur khususnya adalah masalah sedimen.

Penurunan tingkat fungsional yang terjadi pada jaringan irigasi baik salurannya maupun bangunannya akan berlangsung makin cepat jika konsentrasi sediment yang masuk ke jaringan tersebut makin tinggi.

Dalam penanggulangan masalah tersebut diatas banyak sudah dibuat tipe-tipe Konstruksi yang pada dasarnya hanya mempunyai 2 prinsip yaitu :

1. Mencegah masuknya sedimen ke pintu pengambilan.
2. Membiarkan sedimen masuk ke saluran melalui pintu pengambilan, kemudian disaluran sebagian dari sediment tersebut dipisahkan.

Vortex tube adalah salah satu konstruksi yang menggunakan prinsip kedua yang cukup effisien dan sederhana, tetapi perhitungan designnya tidak sesederhana bentuknya.

Mengenai metode designnya telah dikembangkan oleh *Hydraulics Research Station Wallingford, England* yang dimuat dalam laporan laporannya

1. *Sanmuganathan Dr. K.*

   Design of Vortex tube Silt Extractor, Hydraulics Research Station. Report No. OD6, Wallingford, March 1976.

2. *S,M. White B. Eng. MSC.*

Design manual for Vortex tube Silt Extractor. Hydraulics Research Station. Report No. OD 37, Wallingford, December 1981,

Sedangkan uraian yang akan disampaikan pada laporan ini yaitu mengenai *performance* dari proto tipe *vortex tube* yang dibuat pada saluran sekunder Jaringan Irigasi Warujayeng Kertosono dengan pintu pengambilan bebas (*Free intake*) disungai Brantas, Kabupaten Kediri.

Desain dari prototipe tersebut dibuat berdasarkan petunjuk dari *Hydraulics Research Station, Wallingford* dengan *Collecting* dan analisa data dari Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Daerah Tingkat I JawaTimur Bidang Pengairan.

A. 4.2. *Design Vortex Tube*

A.4.2.1. *Prosedure Design*

Cara yang paling baik untuk membuat design suatu bangunan penyadap pasir yaitu dengan membuat model untuk percobaan.

Dengan hasil-hasil percobaan dari model-model tersebut bisa dibuat evaluasi perbandingan berdasarkan data-data desain yang berbeda, dari hasil evaluasi ini bisa diperkirakan bentuk desain Konstruksi yang nantinya akan berfungsi sesuai dengan yang dikehendaki.

Konstruksi *vortex tube* (Lihat Gambar 1 A , B & C) terdiri dari pipa yang tertutup disatu sisi dengan celah diatasnya, terletak terbenam didasar saluran.

Arah dari pipa tersebut melintang arah aliran dengan elevasi celah sama dengan elevasi dasar saluran.

Ujung terakhir dari bagian pipa yang terbuka terletak pada tempat pembuangan sediment (Bak pengendapan atau sungai).

Aliran yang melewati celah dapat menimbulkan aliran spiral didalam pipa yang mengakibatkan sedimen dalam pipa dalam keadaan suspensi dan terbawa keluar ke bak pengendapan atau ke sungai kembali,

Sedimen yang terbawa aliran masuk kedalam celah adalah yang bergerak terbawa aliran yang terletak disekitar dasar saluran (*Bed Load*) saja.

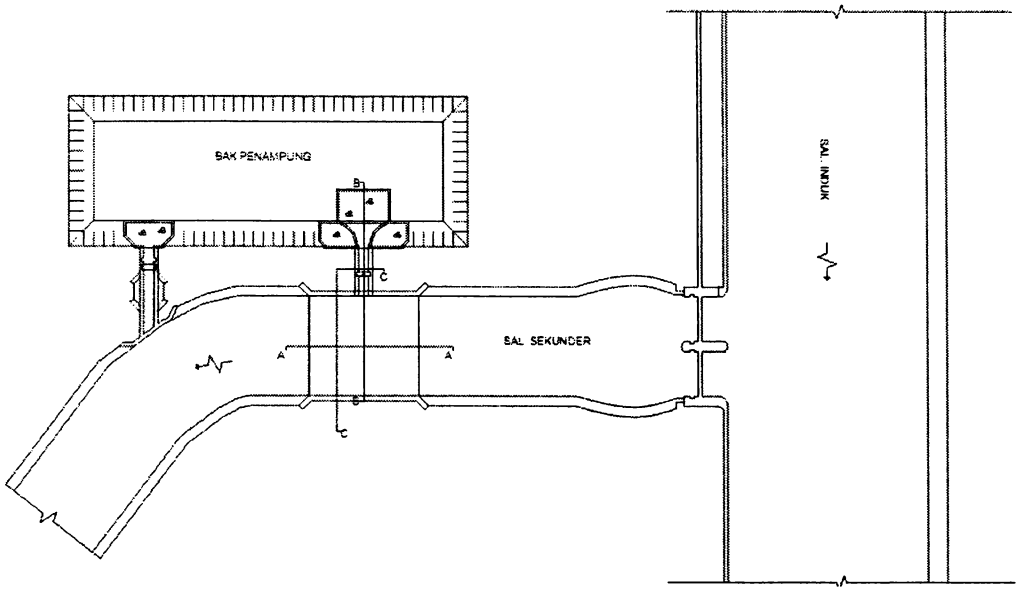
Desain *Vortex tube* terdiri dari 2 hal yang penting :

- Penentuan dari diameter pipa.
- Perkiraan dari karakteristik pipa.

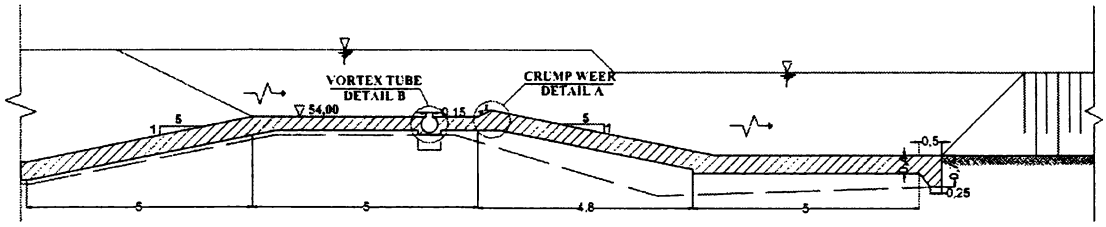
Penentuan dari diameter pipa ini berdasarkan pertimbangan bahwa sedimen yang dipisahkan sebanyak mungkin dengan kehilangan air sekecil mungkin dan tidak mengakibatkan penyumbatan, serta *head loss* untuk *flushing sediment* seminimum mungkin.

Parameter yang perlu mendapat perhatian dalam penentuan design

- Besarnya kehilangan air yang digunakan untuk *flushing sediment*, ini bervariasi tergantungdari besarnya perbedaan elevasi muka air disaluran dan ditempat pembuangan (diujung pipa *vortex*).
- Besarnya kecepatan air untuk *flushing sediment*, baik sepanjang pipa maupun dalam aluran (*Vortex velocities*) yang kecepatannya minimumnya terjadi diujung pipa yang tertutup.

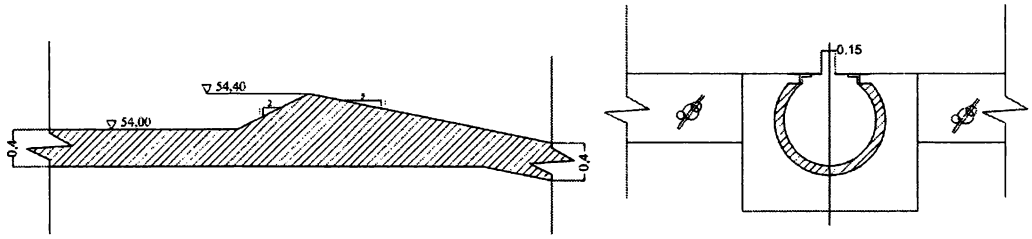


Gambar 1A. Denah *Design Vortex Tube*



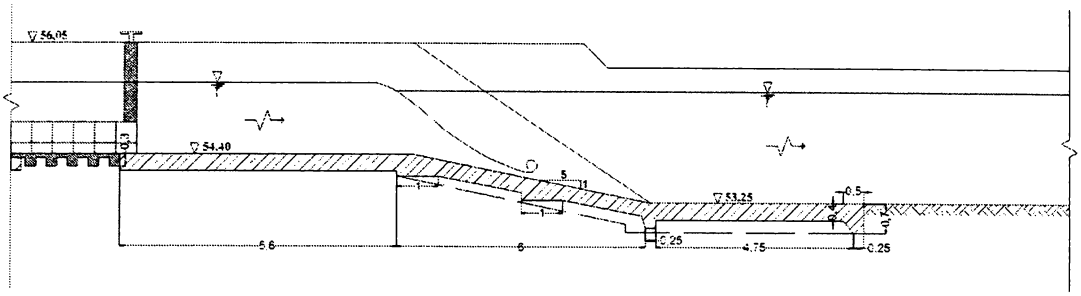
POTONGAN A - A

Gambar 1B. Potongan A-A *Design Vortex Tube*



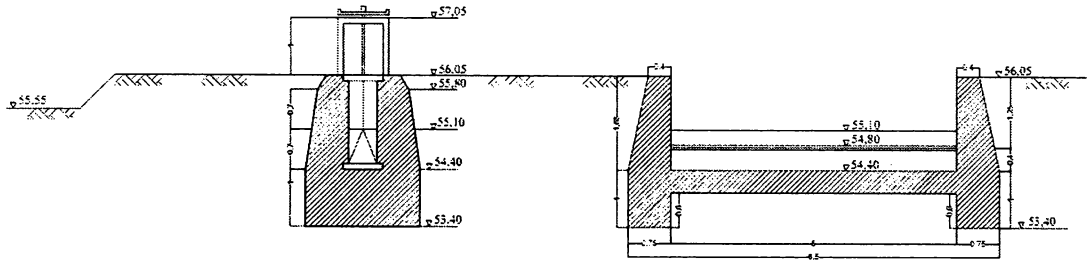
DETAIL A DETAIL B

Gambar 1C. Detail A dan Detail B dari Potongan A-A *Design Vortex Tube*



POTONGAN B - B

Gambar 1D. Potongan B-B *Design Vortex Tube*



POTONGAN C-C

Gambar 1E. Potongan C-C *Design Vortex Tube*

Data-data yang dibutuhkan untuk *design vortex tube* yaitu :

- *Cross Section*Saluran dilokasi *vortex tube.*
- *Design hydraulics* dari saluran.
- Analisa *bed load* disaluran terutama D_{75} dan D_{50} serta *spesific grafity sediment,*
- Temperatur rata-rata untuk mengetahui besarnya kekentalan air (*Water Viscosity*).

Besarnya diameter butiran sediment dapat diketahui dengan menqgunakan *Sieve analysis* (analisa ayakan) dari besarnya diameter butiran dapat diketahui kecepatan

pengendapannya (*Settling Velocity*),

Berdasarkan pertimbangan besarnya kehilangan air dan kecepatan aliran untuk flushing dapat digunakan perumusan sebagai berikut:

- $U_o = C_v \times \sqrt{2g(HT - Ho)}$

$$C_v * = \sqrt{\frac{1 - K^2 C_v^2 \tanh \gamma}{2}}$$

$\gamma = 0{,}2422\ L/d$

Dimana,

Uo = kecepatan rata-rata pada pipa ditempat keluar

Cv, = koefisien kecepatan untuk *vortex tube*

K, dapat dipilih = 1 sebab, metode desain digunakan HRS berdasarkan pemilihan variable tertentu yang mana kehilangan air sekecil mungkin dengan kecepatan tangensial sebesar mungkin,

Kehilangan air = V_n.t, ini harus minimum, kecepatan tangensial $v_t = K, V_n$, ini harus maximum dari hasil percobaan didapat untuk harga (t/d) = 0,30 (t = lebar celah *vortex tube* dan d = diameter pipa),

K = 1, adalah pemilihan yang optimum,;

Vn = Kecepatan Normal, ditempat pemasukan ke *vortex tube*,

Cv = 0,98 (*orifice flow*) = faktor tergantung L/d

L = Panjang pipa

d = diameter pipa,

- Jika kecepatan aliran dari pipa minimum adalah lebih besar dari kecepatan pengendapan, maka sedimen tersebut tidak akan bisa mengendap. Kecepatan

minimum terjadi pada akhir pipa dimana kecepaan longitudinal adalah nol. Jadi kecepatan minimum adalah kecepatan - tangensial sekitar bagian yang tertutup.

$$Vto = \sqrt{(HT - Ho)\frac{K.Cv}{\sqrt{V_I + k^2}}\frac{1}{\cosh \gamma}}$$

dimana,

Cv =0,98(*orifice flow*).

K =1

Untuk keamanan fungsi dari *vortex tube* Kecepatan Minimum lebih, baik dikalikan dengan δ , dimana $\delta \geq 1$ untuk ini diusulkan :

δ = faktor keamanan, $\delta = \frac{Vs_{75}}{Vs_{50}}$, max $\delta = \frac{Vs_{90}}{Vs_{50}}$

Jadi $Vto = \delta\sqrt{2\,g\,(Ht - Ho)}\frac{0,693}{\cosh \gamma}$

Jika diameter butiran sediment bervariasi maka disarankan menggunakan. Uto $\geq$ V_{75} untuk keadaan normal dibawah kondisi desain. Dari ketentuan-ketentuan dan perumusan diatas dapat disimpulkan jalannya desain sebagai berikut ,

(i) Data-data yang dibutuhkan
- Data-data *hydraulis* saluran
- Aliran
- Lebar & kedalaman
- Kebutuhan besarnya penyadapan pasir
- Analisa sedimen

(ii) Hitung kecepatan pengendapan.

(iii) Batas besarnya Ht - Ho yang sesuai dengan keadaan lapangan,

(iv) Hitung $V_{to} \geq V_s75$

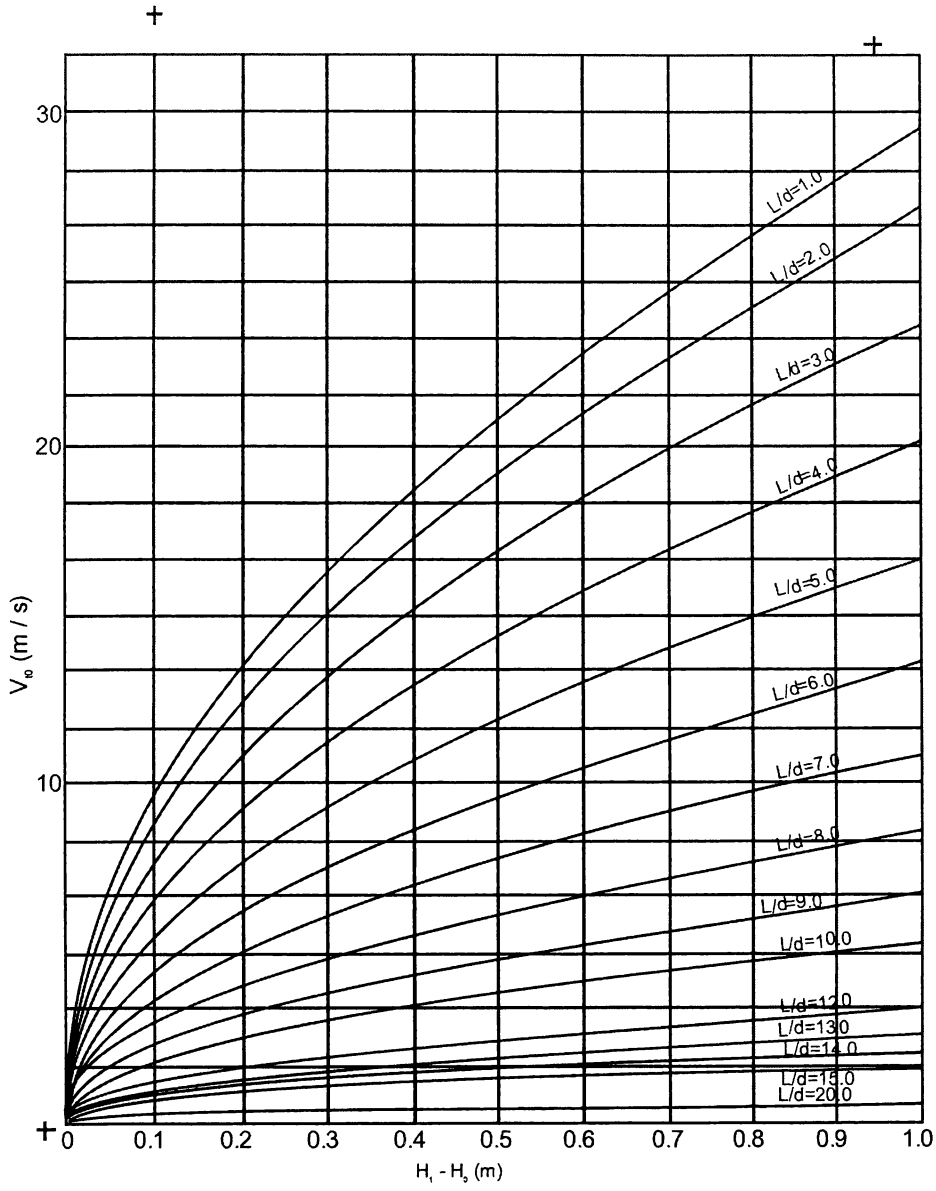
(v) Dari Gambar 2 dan Gambar 3 dengan menggunakan Ht - Ho dan V_{to}

dapat diketahui harga L/d

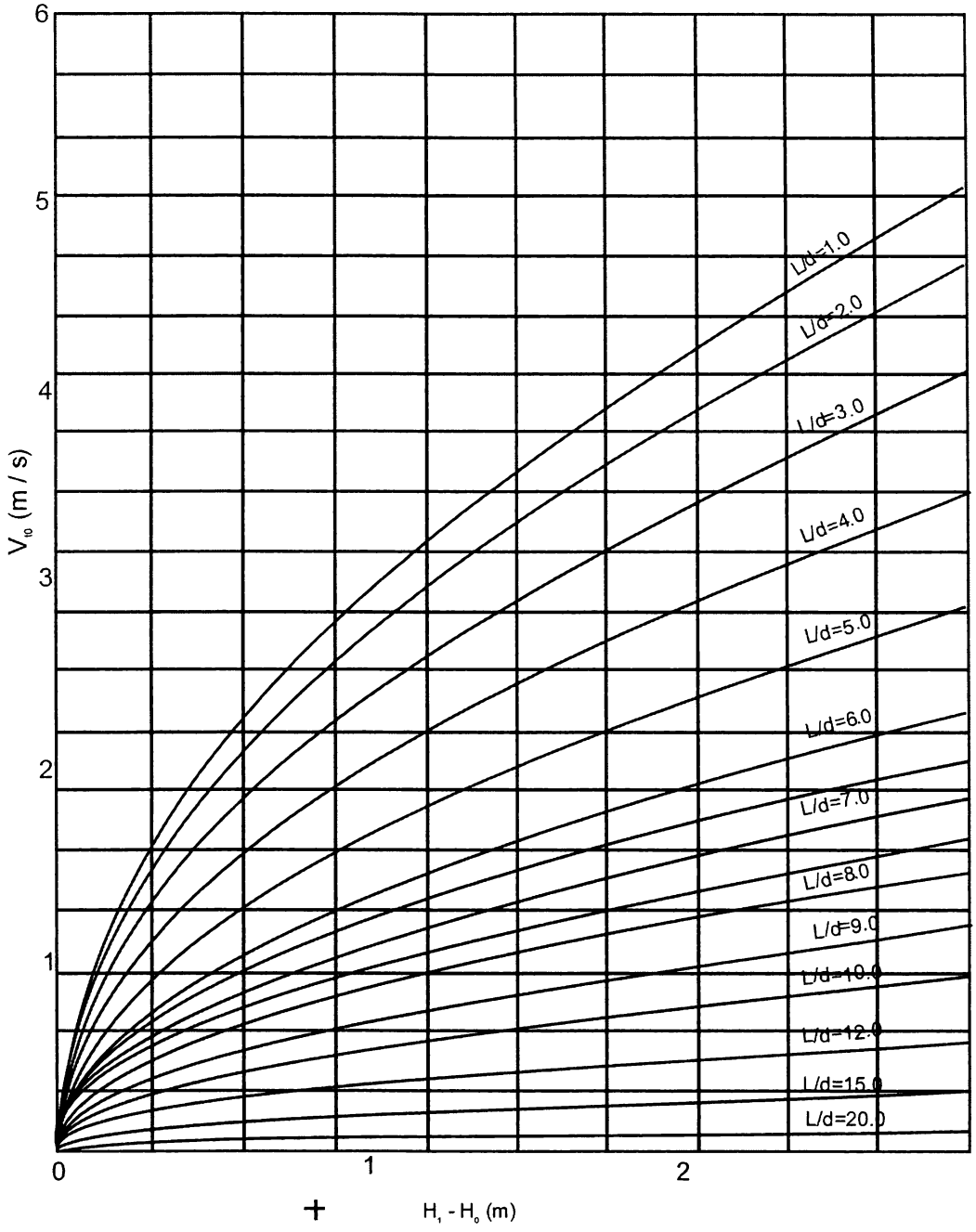
(vi) Dengan menggunakan L/d dan Ht - Ho, Uo kecepatan sepanjang pipa dapat diketahui dari Gambar 4 dan Gambar 5.

(vii) Dari harga L/d dapat diketahui diameter pipa (d) untuk bermacam-macam panjang pipa, jika diameter pipa diketahui maka luas dari pipa tersebut dapat dihitung (A).

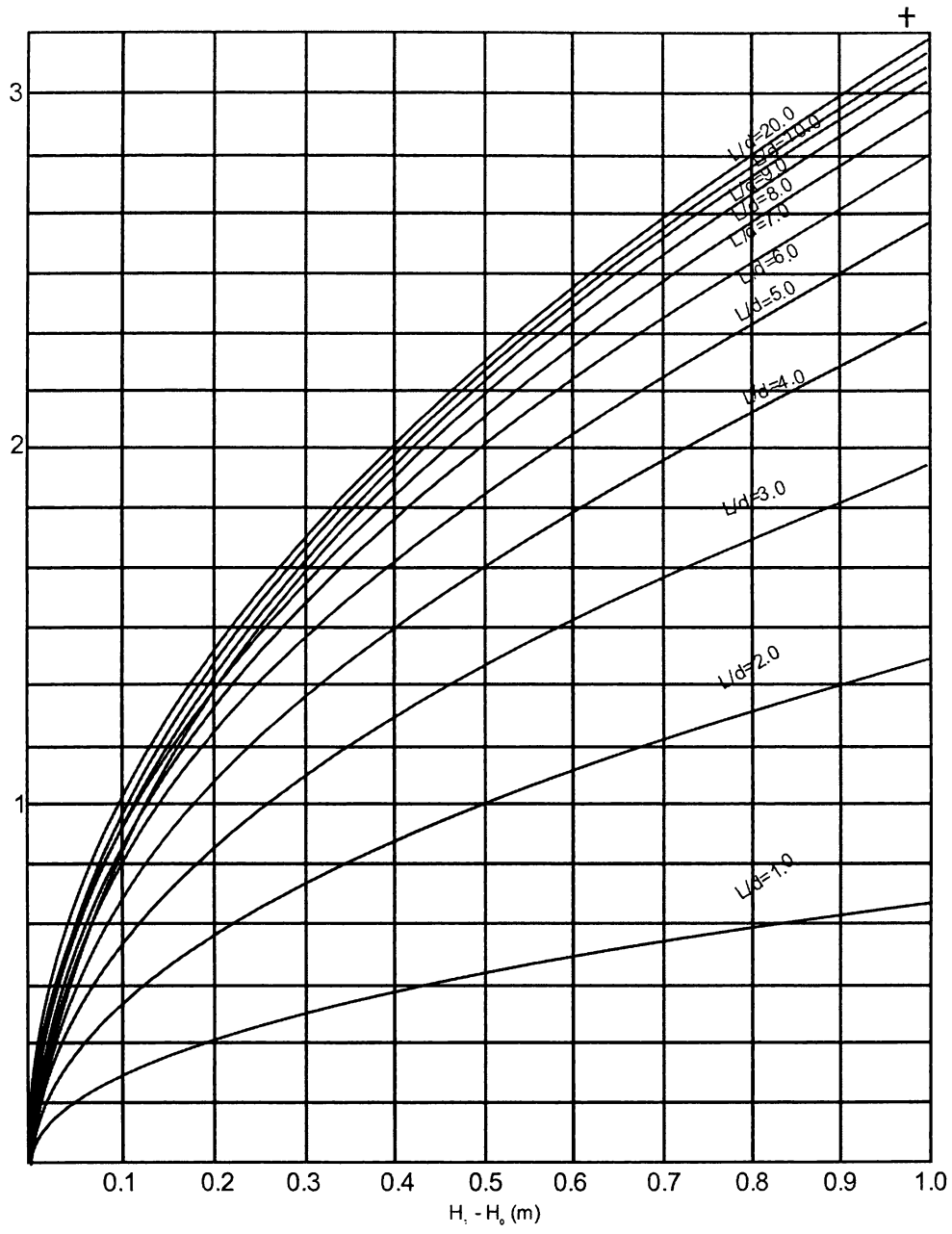
(viii) Dari harga Uo, A dan Q harga besarnya penyadapan pasir (*extraction ratio*) dapat dihitung.



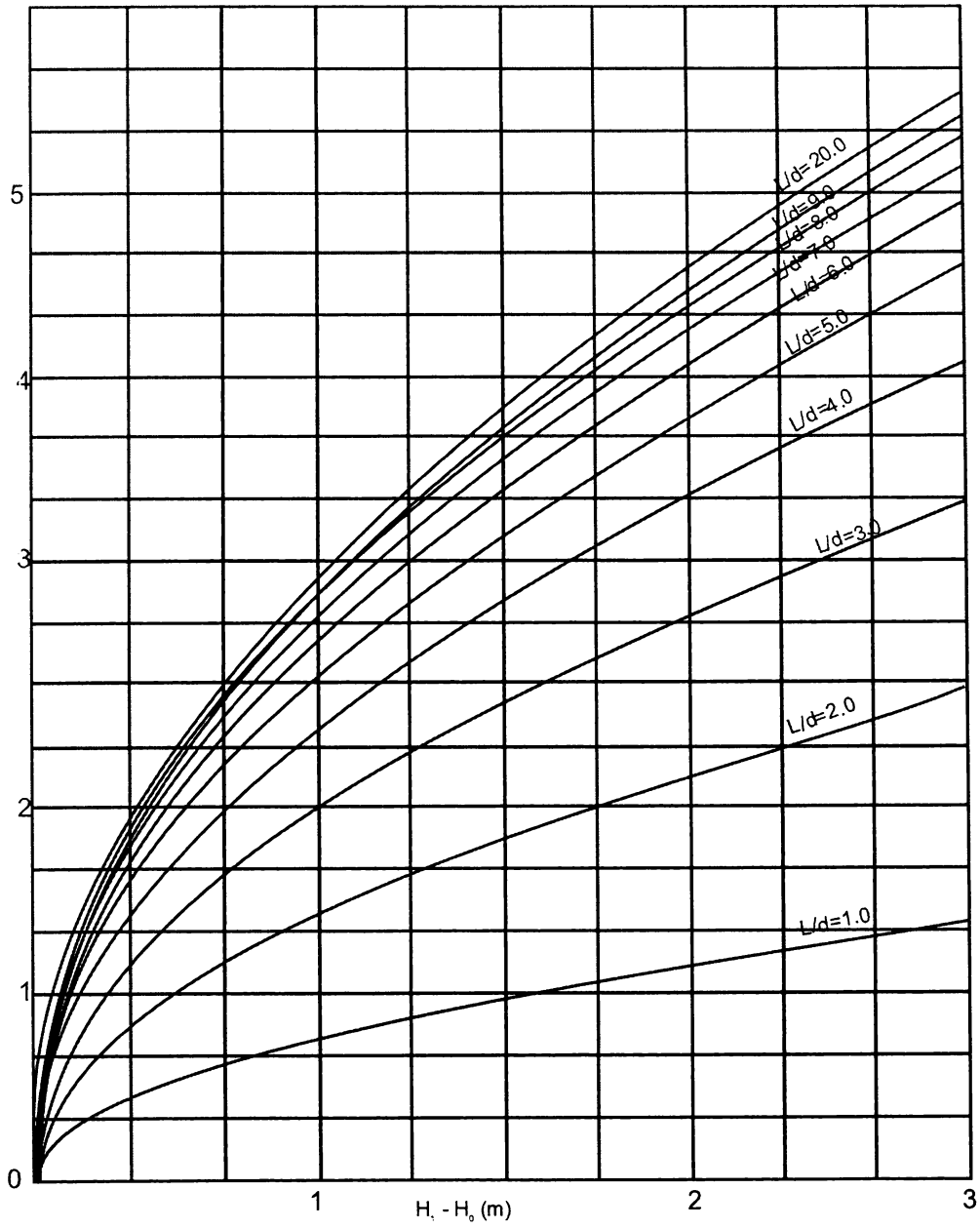
Gambar 2. Grafik Hubungan Vto Terhahap $H_t - H_o$ untuk Beberapa Harga L/d



Gambar 3. Grafik Hubungan Vto Terhadap $H_t - H_o$ untuk Beberapa Harga L/d



Gambar 4. Grafik Hubungan Vto Terhahap $H_t - H_o$ untuk Beberapa Harga L/d



Gambar 5. Grafik Hubungan Vto Terhahap $H_t - H_o$ untuk Beberapa Harga L/d

A.4.2.2. *Design Prototipe Vortex Tube*

Prototipe *vortex tube* terletak disalah satu saluran sekunder dari Jaringan Irigasi Warujayeng Kertosono yang mendapatkan airnya dari pintu pengambilan bebas di Sungai Brantas Kabupaten Kediri Jawa Timur.

Konstruksi ini dibuat untuk studi lebih lanjut guna mengetahui tingkat effisiensi daripada kegunaannya sebagai *sandtrap*, dimana bagian-bagiannya terdiri dari sebuah pipa dengan diameter 0,50 m yang terletak terbenam didasar saluran dengan lebar 5 m dan membentuk sudut 90° dengan arah aliran.

Di *down strem* pipa diletakkan *movable crump weir* yang berfungsi sebagai pengatur ketinggian air di saluran (Lihat Gambar I B). Berdasarkan perumusan dan prosedur seperti diatas maka desain dari *prototipe vortex tube* dapat dihitung dengan data-data sebagai berikut,

a. Data *Hydraulics*

- Debit perencanaan = 2,463 m^3/det
- Kehilangan tekanan antara muka air disaluran dan ditempat pembuangan 40 cm dengan perkiraan kehilangan tekanan di pipa 20 cm dan ditempat keluar 20 cm.
- Lebar dasar saluran : 5,00 m
- Kemiringan saluran : 0,00019

b. Data sedimen

- Analisa *bed load* dari saluran (lihat Gambar 6)
- *Spesific gravity* 2,85 (harga rata-rata). Temperatur air 30°C,

c. Kecepatan pengendapan sedimen

Kecepatan pengendapan sedimen dihitung berdasarkan perumusan *Gibbs,*

*Martin*dan *Link* sesuai dengan yang disarankan oleh *Hydraulics Research Station* (Laporan No.OD/6), dengan hasil sebagai berikut :

Sedimen	Diameter (mm)	Kecepatan Pengendapan (cm/dt)
D5	0,09	0,83
D15	0,11	1,16
D25	0,14	1,69
D35	0,18	2,44
D45	0,21	3,02
D55	0,26	3,99
D65	0,31	4,95
D75	0,40	6,65
D85	0,58	9,88
D95	1,00	16,59

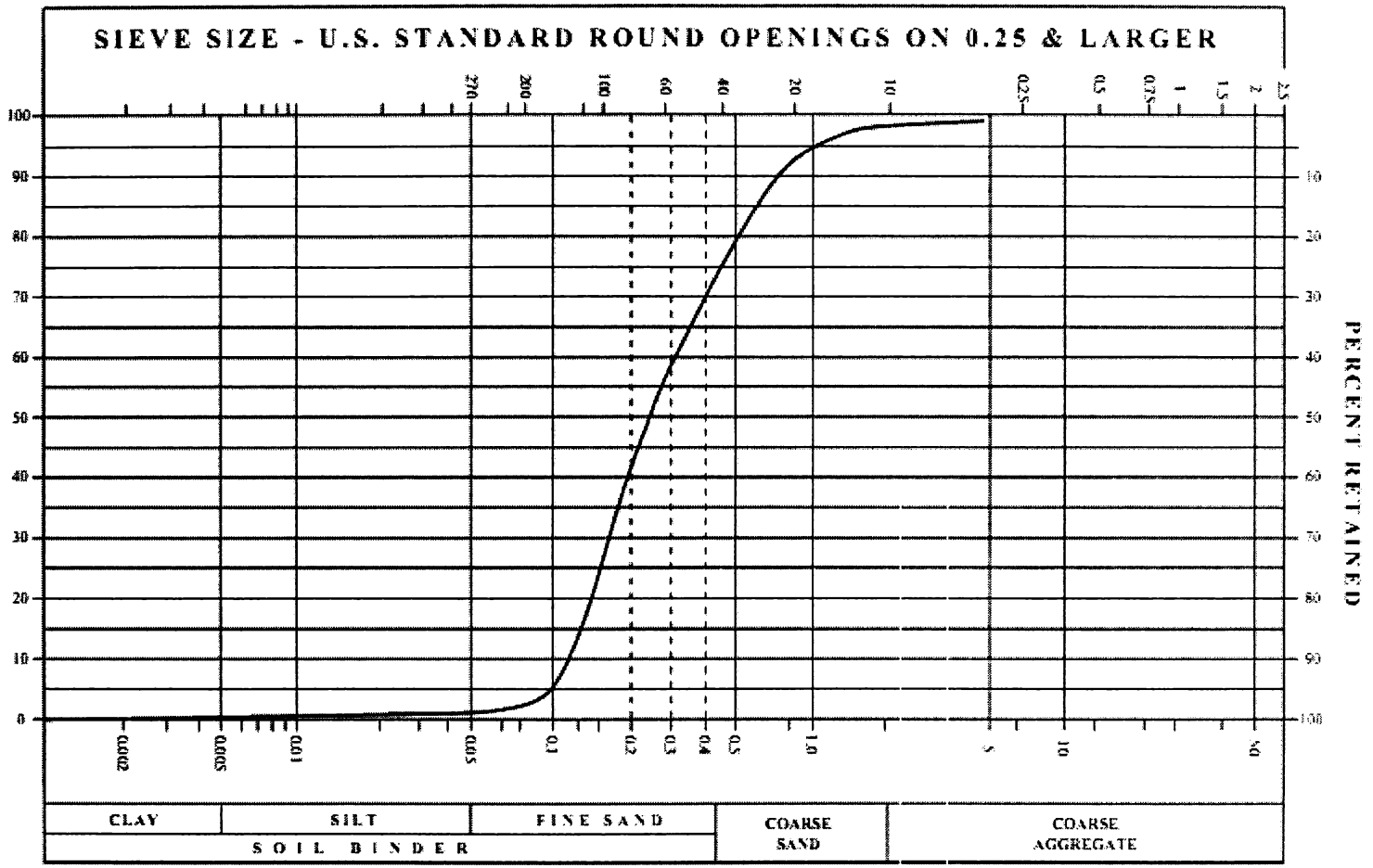
d. Untuk tidak terjadi pengendapan dipipa, dipakai faktor keamanan

dimana $\frac{\text{Vs } 90}{\text{Vs } 50} = \frac{13{,}24 \text{ cm/S}}{3{,}51 \text{ cm/S}} = 3{,}77 \sim 3{,}8$

e. Besarnya kehilangan air (*values of extraction ratio*) diharapkan antara 5%s/d 10% dalam keadaan normal dengan maximum bisa mencapai 20%.

Hasil perhitungan dengan menggunakan data-data diatas untuk pemilihan diameter pipa dapat dilihat pada Tabel 1, begitu juga hasil perhitungan untuk *trapping* effisiensi.

Perhitungan dibuat dengan menggunakan VORMOD (program Komputer berdasarkan program *vortex* dari FIRS) dengan *Computer PRIME 500*,


SIEVE SIZE - U.S. STANDARD ROUND OPENINGS ON 0.25 & LARGER
270
200
100
60
40
20
10
0.25
0.5
0.75
1
1.5
2
2.5
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0.002
0.005
0.01
0.05
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
1.0
5
10
40
PERCENT RETAINED
CLAY
SILT
FINE SAND
SOIL BINDER
COARSE SAND
COARSE AGGREGATE

Tabel 1. Hasil Perhitungan Perencanaan "*Vortex Tube*"

d (m)	L (m)	L/d	CV*	R (%)	δF	(HT - HO) (m)	TE (%)
0,60	5,0	8,33	0,696	5,0	5,3	0,02	44
				7,5	8,0	0,04	54
				10,0	10,6	0,08	61
				15,0	15,9	0,17	70
				20,0	21,2	0,30	76
0,50	5,0	10,00	0,710	5,0	5,0	0,04	43
				7,5	7,5	0,09	52
						0,15	
				10,0	10,1	0,15	58
				15,0	15,1	0,34	67
				20,0	20,1	0,60	74
				5,0	4,3	0,09	38
0,40	5,0	12,50	0,718	7,5	6,2	0,09	46
				10,0	8,5	0,19	52
						0,39	
				15,0	12,8	0,81	60
				20,0	17,0	1,44	66
0,30	5,0	16,70	0,721	5,0	2,7	0,28	29
				7,5	4,1	0,64	35
				10,0	5,5	1,14	39
				15,0	8,2	2,55	45
				20,0	11,0	4,54	49

Berdasarkan design kriteria dan juga pertimbangan kehilangan tekanan yang ada, maka dipilih diameter pipa 0,50 m.

Besarnya *trapping* effisiensi untuk kehilangan air (*extraction ratio*) sebesar 10% dengan kondisi sesuai dengan desain saluran adalah 58% dengan beda tinggi muka air minimum 0,15 m.

Mengenai ketinggian air yang melewati pipa ditentukan berdasarkan pertimbangan besarnya angka *Froude* dari pada aliran, pemilihan besarnya - angka *Froude* dipengaruhi oleh kriteria dari pada sedimen.

Material endapan yang ada didasar saluran pada umumnya pasir halus (*fine sand*), dari penyelidikan di *Hydraulics Research Station* (U.K.), menunjukkan bahwa untuk *fine sediment* dimana material sedimen yang terbawa berupa suspensi, *trapping* effisiensi akan berkurang, dengan penambahan angka *Froude*.

Untuk mengurangi angka *Froude* disamping juga mengatur elevasi permukaan air di u/s pipa maka dipergunakan *movable crump weir*.

A.4.3. Hasil Pengamatan Prototipe *Vortex Tube*

Pengamatan lapangan dilaksanakan selama 2 minggu terus menerus dalam bulan Agustus 1980 dengan tinggi permukaan air di saluran yang berbeda-beda yang kemudian dilaksanakan pengukuran debit dan besarnya *sediment transport* baik yang ada di saluran maupun di tempat keluar dari *vortex - tube*,

A.4.3. 1. *Sediment Transport*

Pengambilan sample untuk pengukuran sediment dipergunakan pompa yang memakai tenaga *accu (battery)*, tempat pengambilan sampel (air dan sedimen) di aliran-aliran turbulen atau aliran yang mempunyai kecepatan besar, dimana sedimen transportnya semua berbentuk *suspended.*

Sampel yang tersedot oleh pompa disaring melalui ayakan 0,1 mm, kemudian

dimasukkan kedalam tong (*drum*).

Kemudian sedimen (*The dry weight of sediment*) dikumpulkan, dimana volume airnya diketahui dari besarnya volume tong yang terisi air, ini menghasilkan besarnya konsentrasi sedimen.

Begitu juga sampel yang diambil dari *vortex tube*ditempat tempat yang memiliki aliran turbulen maksimum.

Pada saat yang sama pengambilan sampel dilaksanakan juga dibagian *down stream mercu crump weir*.

Jumlah dari besarnya sedimen transport yang diukur ditempat keluar *vortex tube* dan yang melewati *crump weir* sama dengan besarnya sedimen transport yang masuk ke saluran dan besarnya perbandingan antara banyaknya sedimen yang melalui *vortex tube* dan yangmelalui saluran ini disebut *trapping* effisiensi.

A.4.3.2 Debit dan Elevasi Permukaan Air

Besarnya debit dibagian *upstream* dari *vortex tube* dan debit yang keluar dari pipa *vortex* diukur sebelum dan sesudah penelitian besarnya *trapping* effisiensi begitu juga dengan debit yang melewati konstruksi *vortex tube* tsb.

Elevasi permukaan air dibagian *upstream vortex tube*, pada *crump weir*, ditempat keluar pipa *vortex*, dan dibagian *down stream crump weir* dicatat setiap 30 menit selama percobaan berlangsung,

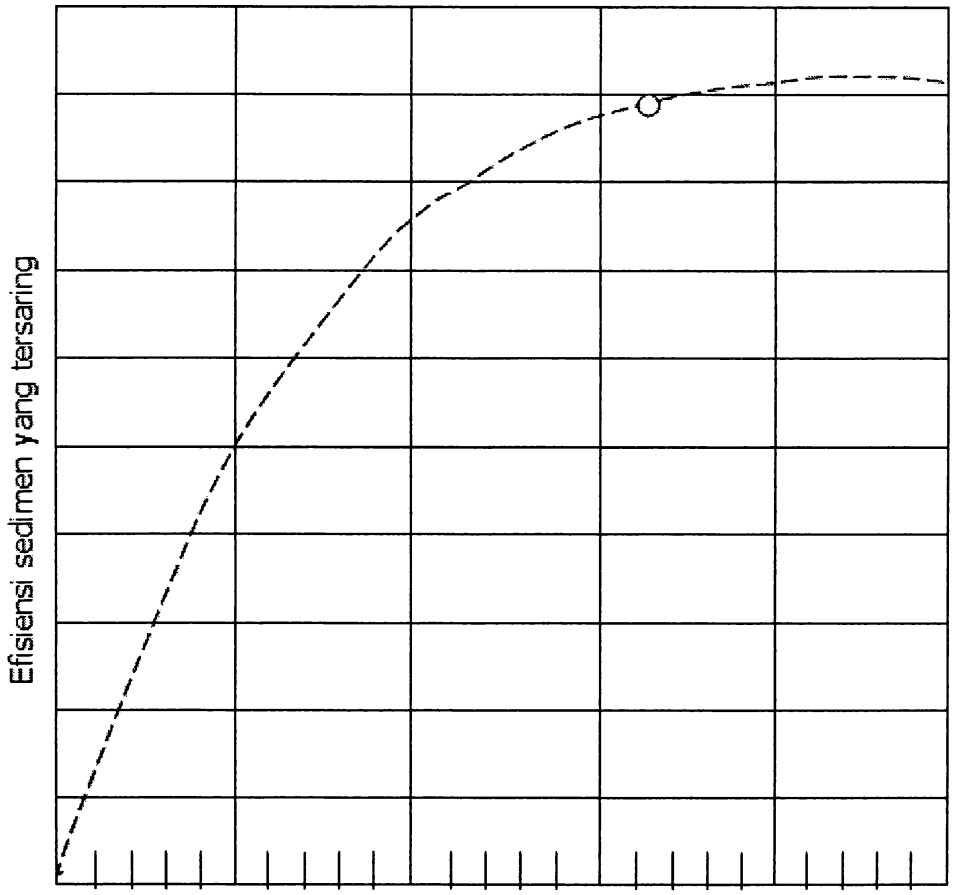
A.4.3.3 Hasil Pengamatan

Pengamatan yang dihasilkan berdasarkan 2 keadaan,

a. Keadaan debit saluran tetap, tetapi dengan besarnya *extraction ratio* berubah-ubah dengan pengaturan pintu pada pipa *vortex*.
b. Keadaan debit saluran berubah-ubah dengan pengaturan pintu pengambilan;

Sedangkan pintu pada pipa *vortex* dibuka penuh,

Kesulitan dalam pengamatan ini yaitu membuat konstan debit saluran dalam jangka waktu sehari sebab sangat dipengaruhi oleh keadaan debit air di saluran Induk, meskipun demikian debit itu dijaga tetap selama waktu pengumpulan data (4- 6 jam). Keadaan kedua adalah kondisi dari operasionil *vortex tube* tersebutuntuk mencegah terjadinya penyumbatan dipipa. Hasil dari pada pengamatan dapat dilihat pada Tabel 2 sedangkan untuk grafik hubungan antara *trapping efficiency* dan besarnya kehilangan air (*water extraction ratio*) dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Efisiensi Penyaringan (*Trapping Efficiency*)
sebagai Fungsi dari Air yang Tersaring

Tabel 2. Kinerja "*Votex Tube*" Warungjayang

Test No.	Gate Opening CMS (1)	Canal Discharge m^3/dt	VT Discharge m^3/s	Extraction Ratio %	Canal Water Level (m) (2)	VT Outlet Water Level (m) (2)	CV° (3)	Canal Sediment Transport Kg/dt	Tube Sediment Transport Kg/dt	Trapping Efficiency %	Predicted Trapping Efficiency % (4)	FR (5)
1.	50	1,96	0,24	12,4	0,53	0,39	0,68	0,159	0,123	77	90	0,32
2.	50	1,86	0,29	15,7	0,51	0,33	0,73	0,117	0,102	87	93	0,33
3.	50	1,91	0,28	13,2	0,52	0,34	0,71	0,126	0,105	83	91	0,33
4.	50	1,91	0,28	13,2	0.52	0,35	0,73	0,128	0,108	84	91	0,33
5.	25	1,78	0,13	7,4	0,52	0,27		0,063	0,032	51	83	0,30
6.	25	1,73	0,11	6,5	0,52	0,27		0,047	0,025	53	81	0,30
7.	25	1,74	0,13	7,6	0,53	0,28		0,053	0,031	57	85	0,29
8.	35	1,64	0,18	10,9	0,49	0,29		0,039	0,029	76	91	0,29
9.	35	1,50	0,17	11,2	0,49	0,28		0,025	0,020	80	93	0,28
10.	35	1,51	0,19	12,3	0,53	0,35		0,036	0,027	77	94	0,28
11.	20	1,65	0,12	7,1	0,53	0,22		0,026	0,018	67	86	0,27
12.	20	1,68	0,12	7,2	0,53	0,23		0,029	0,019	66	85	0,28
13.	15	1,62	0,06	3,7	0,53	0,25		0,017	0,008	45	73	0,27
14.	50	1,15	0,27	23,6	0,44	0,25	0,68	0,014	0,013	92	99	0,25
15.	50	1,22	0,27	21,8	0,44	0,25	0,68	0,017	0,016	93	99	0,27
16.	50	1,19	0,27	22,8	0,44	0,24	0,67	0,016	0,014	89	99	0,26
17.	50	1,18	0,25	21,0	0,44	0,24	0,61	0,013	0,013	94	99	0,26
18.	50	2,13	0,25	11,8	0,56	0,38	0,63	0,178	0,142	80	89	0,33
19.	50	2,33	0,23	10,2	0,57	0,41	0,57	0,114	0,077	67	86	0,33
20.	50	2,16	0,22	10,3	0,56	0,40	0,58	0,150	0,126	84	86	0,33
21.	50	1,77	0,26	14,5	0,50	0,30	0,62	0,056	0,049	89	93	0,32
22.	50	1,66	0,26	15,6	0,49	0,30	0,64	0,054	0,048	90	94	0,31
23.	50	1,55	0,26		0,49	0,30	0,64	0,061	0,055	89	96	0,30

(1) 50 cm pintu dibuka penuh

(2) Hubungan dasar saluran pada *Vortex Tube* EL 54.65

(3) Perhitungan pendekatan menggunakan saluran "*Outlet*" dan saluran air

(4) *Levels, CV from Tube Dimensions is 0.71* Efisiensi Penyaringan Sedimen dihitung dari HDC *Trainning Efficiency Model*

(5) *Froude Number* di saluran di hulu *vortex* tabung

LAMPIRAN V
PERENCANAAN BANGUNAN PENGELUAR ENDAPAN SEDIMEN DI SALURAN (*EXCLUDER*)

1) Pendahuluan

Bangunan pengeluar sedimen di saluran atau "*Excluder*" dikembangkan oleh *Hydroulics Research Wallingford Ltd* sejak tahun 1976 oleh Samuganathan Dr, K . Dan tahun 1993 mengeluarkan pedoman "*Design Manual for Canal Sediment Extractor*" hasil penelitian Unit Kerjasama Luar Negeri dengan beberapa anggotanya antara lain India, Nepal, Indonesia (PU Pengairan Jawa Timur), Thailand, Republik Arab Yemen dan Philipina.

Prinsip kerja bangunan pembuang sedimen atau "*Excluder*" ini adalah menyaring sedimen dasar saluran dan membuang kembali ke sungai. Namun sedimen saluran yang dibuang ini hanya berkisar 10% sampai 20% dari debit yang masuk saluran. Maka bangunan *Excluder* ini bukan alat universal pemecah sedimen yang masuk ke saluran.

Bangunan penangkap sedimen di Saluran "*Excluder*" ada 2 (dua) tipe, yaitu:

1. Tipe tabung pusaran (*Vortex Tube Extractor*) (Gambar 1), untuk debit saluran < 100 m^3/dt
2. Tipe terowongan penyaring sedimen atau "*ExtractorTunnel*"
3. (Gambar 2) umum diterapkan pada debit saluran yang > 100 m^3/dt.

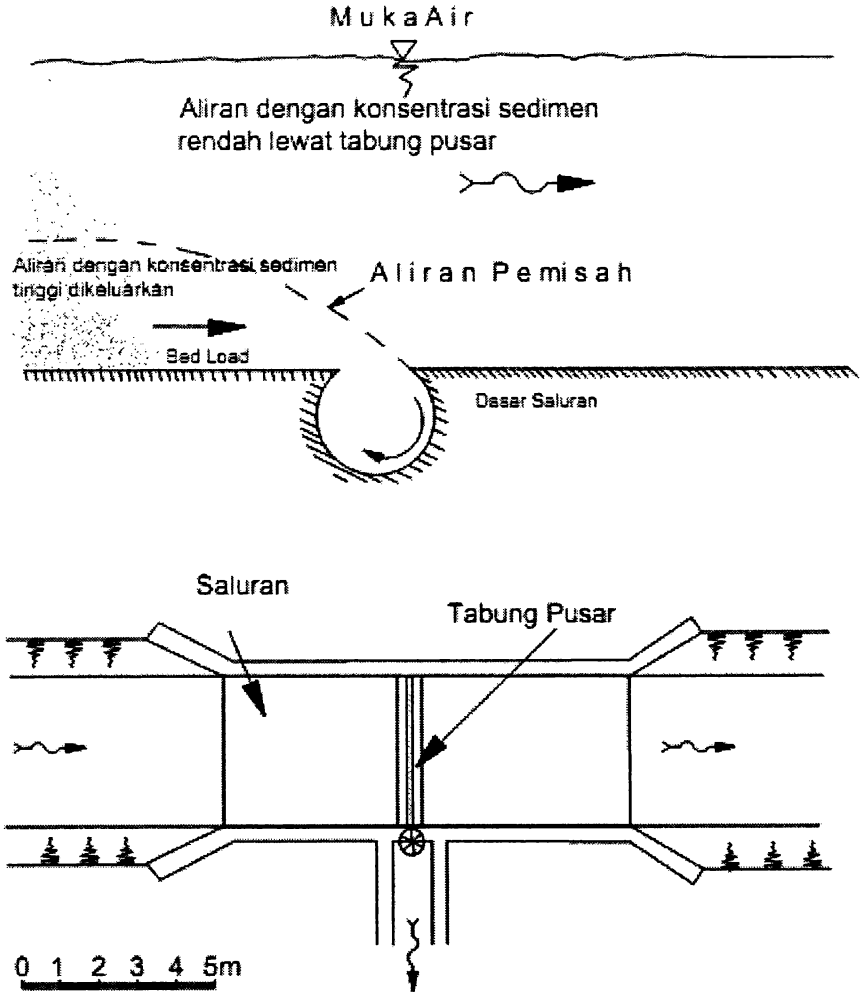
Tipe-tipe terowongan penyaring sedimen atau "*Tunnel Extractor*" ini kurang cocok diterapkan di Indonesia karena memerlukan debit yang besar.

"*Vortex Tube*" adalah jenis konstruksi yang cukup efisien dan sederhana menyaring sedimen yang masuk saluran, dan telah diterapkan di Irigasi Warujayeng Kertosono Kabupaten Kediri.

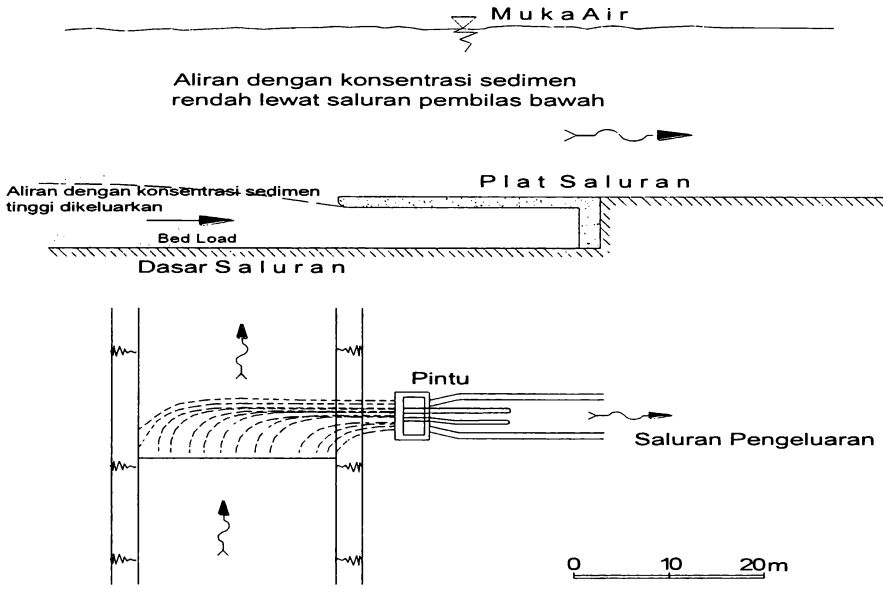
Bangunan penyaring sedimen (*Vortex Tube*) ini bentuknya sederhana, tetapi

perhitungan desainnya tidak sederhana bentuknya

Prinsip kerja bangunan penyaring sedimen jenis tabung (*Vortex Tube*) terdiri pipa yang tertutup dengan celah diatasnya, terletak terbenam didasar saluran. Dan arah pipa dipasang melintang arah aliran dengan elevasi celah sama dengan elevasi dasar saluran (lihat Gambar 1.).



Gambar 1. Bangunan Penyaring Sedimen Tipe Tabung *(Vortex Tube)*



Gambar 2. Bangunan Penyaring Sedimen Tipe Terowongan *(ExtractorTunnel)*

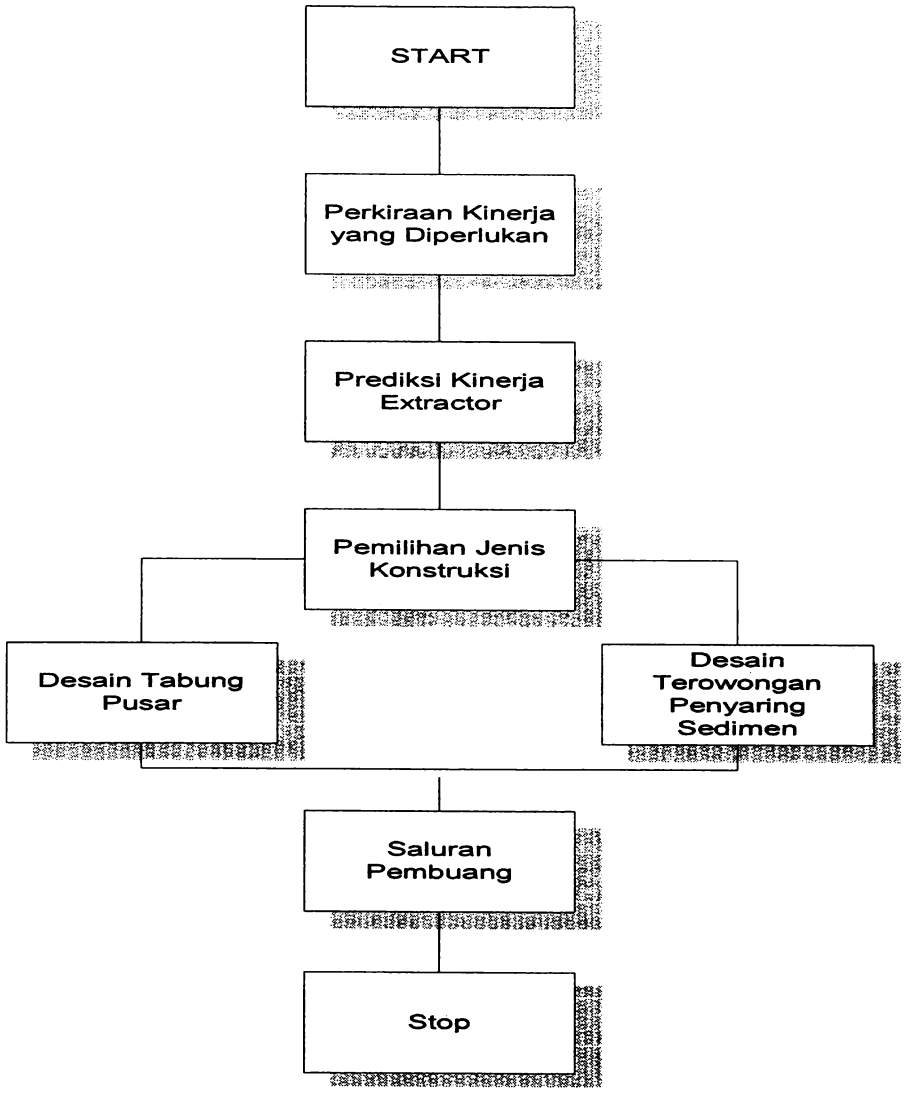
2) Prosedur Merencanakan Bangunan Penyaring Sedimen (BPS)"*Vortex Tube*"

Prosedur tahapan perencanaan banguan penyaring sedimen seperti terlihat pada Gambar 3.dibawah ini.

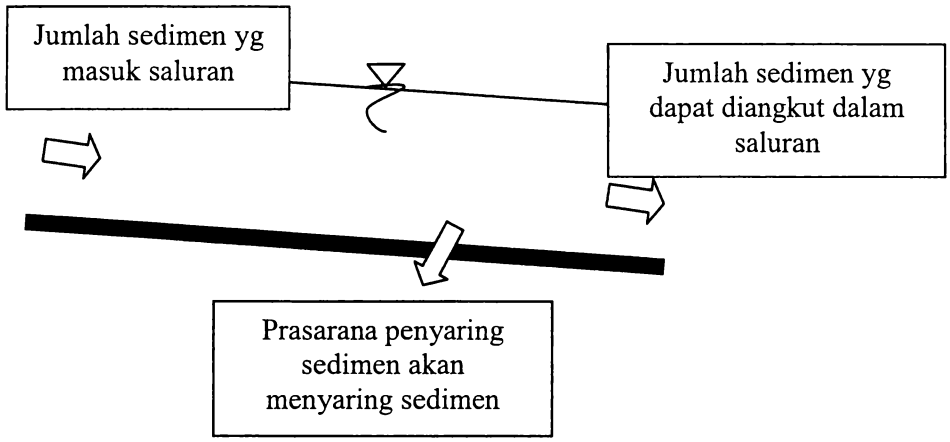
2.1 Perkiraan Kinerja *Excluder* yang Diperlukan

Effisiensi penyaringan sedimen (X_r) adalah perbandingan sedimen yang terangkut (setelah melewati bangunan *excluder*) dibanding sedimen yang masuk saluran (lihat Gambar 4).

$$X_r = \frac{\text{sedimen yang terangkut}}{\text{sedimen yang masuk saluran}}$$



Gambar 3. Prosedur Tahapan Perencanaan Saluran Penyaring Sedimen



Gambar 4. Kinerja dari Penyaring Sedimen

2.2 Prediksi Kinerja *Excluder*

Perkiraan Kinerja *Exlcuder* yang diperlukan atau yang harus ditetapkan antara lain: Kedalaman air saluran(h); lebar rata-rata saluran (b_m); Kecepatan rata-rata (U); Ukuran butiran D_{50} dan D_{90}; Spesifisik grafitasi = 2,65 untuk pasir); dan kecepatan viskositas (v). Semuanya dihitung berdasarkan persaman gesekan rumus *Van Rijn* (1984) sebagai berikut:

1) Perhitungan parameter dimensi partikel D_{gr}:

$$D_{gr} = 0{,}001\ D_{50} \left(\frac{(S_g - 1) g^{1/3}}{V^2}\right)$$

2) Θ_{cr} para meter gerakan kritis dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

Θ_{cr} = 0,24 x (D_{gr}) -1 untuk $D_{gr} \leq 4$

Θ_{cr} = 0,14 x (D_{gr}) - 0,64 untuk $D_{gr} \leq 10$

Θ_{cr} = 0,04 x (D_{gr}) - 0,10 untuk $10 \geq D_{gr} \leq 20$

Θ_{cr} = 0,013 x (D_{gr}) 0,29 untuk $20 \geq D_{gr} \leq 150$

Θ_{cr} = 0,55 untuk $D_{gr} \geq 150$

3) Kecepatan kritis geser dasar U^*_{Cr} menurut lapangan dihitung dengan rumus :

$$U^*_{Cr} = \left(0{,}001\ \theta_{Cr}(S_g - 1) g\ D_{50}\right)^{1/2}$$

4) Kekasaran koefisien *Chezy* dikaitkan ukuran butiran sedimen dalam contoh ini luastampang saluran dianggap segi empat. C' ditentukan berdasakan rumus:

$$r = \frac{b_m \times h}{b_m + 2h}$$

$$C' = 18 \log_{10} (4r / D_{90}) + 54$$

5) Tentukan kecepatan efektif geser U*' dari kecepatan rata-rata aliran dan koefisien gesekan C

$$U^{*'} = \sqrt{\frac{g\ u}{C}}$$

6) Hitung parameter tahapan angkutan TS

$$T_s = \frac{(U^{*'})^2 - (U^*_{Cr})^2}{(U^*_{Cr})^2}$$

Jika $T_S \geq 25$ atau $T_S \leq 0$

Bila $U^* = U^{*'}$ tetapkan 12

7) Menentukan bentuk dasar relatif tinggi Δ

$$\Delta = 0{,}01358\ h \left(\frac{D_{50}}{h}\right)^{0,3} \times \left(1 - e^{-0{,}5\ T_s}\right) \times (25 - T_s)$$

8) Menenentukan bentuk dasar *Steepness* , Ψ

$$\Psi = 0{,}1364\ \frac{\Delta}{h}$$

9) Kekasaran total KS

$$K_S = 0{,}003\ D_{90} + 1{,}1\ \Delta \left(1 - e^{-25\Psi}\right)$$

10) Kecepatan geser U*

$$U^* = \sqrt{\frac{g\,U}{C}}$$

Kemiringan memanjang saluran S dihitung dengan rumus:

$$S = U^{*2} / (g \times r)$$

Untuk Contoh debit saluran = 8,0 m^3/dt dengan menggunakan rumus-rumus kekasaran *Van Rijn* (1984).

Perkiraan awal h = 1,44 m

D_{50} = 0,25 mm dan D_{90} = 0,32 mm dari grafik prediksi gradasi butiran yang masuk saluran (Gambar X.1)

1) Hasil perhitungan parameter dimensi partikel D_{gr}:

D_{gr} = 6,257

2) Θ_{cr} para meter gerakan kritis dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

Θcr = 0,0433

3) Kecepatan kritis geser dasar U^*_{Cr} hasil perhitungan:

U^*_{Cr} = 0,0132 m/dt

4) Kekasaran koefisien *Chezy* dikaitkan ukuran butiran sedimendalam contoh ini luas tampang saluran dianggap segi empat. C' ditentukan berdasakan rumus:

$$r = \frac{6 \times 1{,}44 + 1{,}5 \times 1{,}44^2}{6 + 2 \times 1{,}44} = 1{,}323 \text{ m}$$

C ' = 74,12

5) U*' = 0,0288 m/dt.

6) Parameter tahapan angkutan TS = 3,76

7) $\Delta = 0{,}2123$

Menenentukan bentuk dasar Steepness, Ψ

$\Psi = 0{,}0201$

8) Kekasaran total KS

$K_S = 0{,}0932$

9) Kecepatan geser U* = 0,0556 m/dt

10) S = 0,000300

Kemiringan memanjang saluran perkiraan selalu dikoreksi, dengan kedalaman aliran yang lebih besar, dicoba-coba untuk mereduksi kemiringan memanjang S.

Dengan h = 1,48 m

U = 0,658 m/dt

S = 0,000270

Dicoba lagi dengan h = 1,473 m , maka diperoleh S = 0,000275

Dan U* = 0,0630 m/dt

U = 0,662 m/dt

Untuk memprediksi total angkutan sedimen (H_{EH})menggunakan rumus *Engelund* dan *Hansen* (1967) :

$$X_{EH} = \frac{D_{50} \times S_g \times U \times U*^3}{h \times g^2 \times D_{50} \times (S_g - 1)^2} 10^6 \text{ppm} = 227 \text{ ppm}$$

($g = 9{,}8\ m^2/dt$)

Kapasitastotal angkutan sedimen saluran adalah 227 ppm.

3) Contoh Perhitungan Mendesain Bangunan Penyaring Sedimen (Bps) TipeTabung (*Vortex Tube*)

Dalam contoh perhitungan rencana Bangunan Penyaring Sedimen (BPS) tipe Tabung (*Vortex Tube*) pada 2 (dua) kondisi yaitu:

1) Pada saluran yang telah ada (sudah dibangun).

2) Pada saluran yang belum dibangun atau baru di desain.

3.1 Pada Saluran yang Telah Ada (Sudah Dibangun).

3.1.1 Menentukan Ukuran Sedimen yang Masuk Saluran

Kosentrasi sedimen yang masuk saluran dapat diukur dengan pengambilan contoh dengan pompa yang dilakukan berulang-ulang dari sungai maupun di aliran saluran.

Jika tidak ada pengukuran sedimen, maka untuk saluran yang telah berfungsi bertahun - tahun dapat diadakan pengamatan lapangan dan pengujian gradasi butiran angkutan sedimen.Yaitu dengan cara saluran di keringkan cari lokasi-lokasi kosentrasi endapan sedimen yang telah mengalami keseimbangan akan terjadi rata - rata kemiringan endapan akan membentuk sama dengan kemiringan muka air saluran. Ambil contoh endapan dan bawa ke laboratorium analisa gradasi butiran contoh sedimen tersebut, ukur besar butiran sedimen D_{10} , D_{50} , D_{90}. Untuk memprediksi endapan sedimen digunakan untuk memperkirakan kapasitas daya angkut pada kondisi debit rencana, menentukan dimensi dan panjang tabung yang diperlukan.

Misal dari hasil analisa ayakan sedimen salurandiperoleh data sebagai berikut:

D_{10} = 0,083 mm

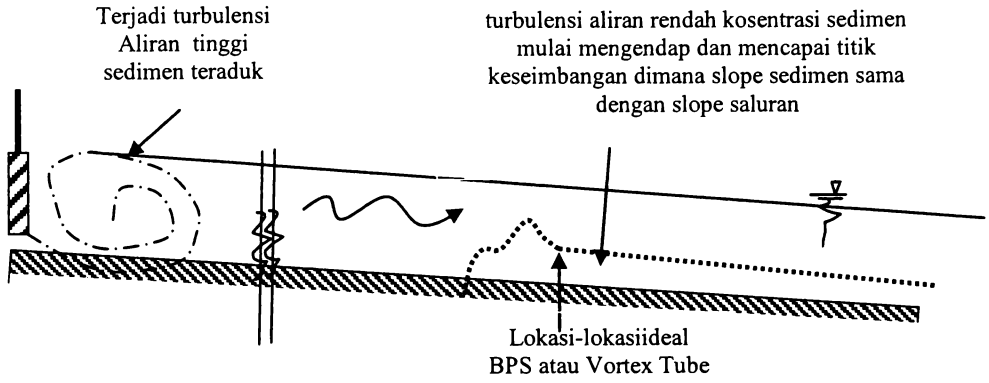
D_{50} = 0,150 mm

D_{90} = 1,000 mm

3.1.2 Menentukan Lokasi Bangunan Penangkap Sedimen (BPS)

Di lokasi-lokasi kosentrasi endapan sedimen yang telah mengalami keseimbangan

akan terjadi rata-rata kemiringan endapan akan membentuk sama dengan kemiringan muka air saluran merupakan lokasi Bangunan Penangkap Sedimen (BPS)(lihat Gambar 5). Karena di hilir lokasi ini sedimen tidak bergerak di dasar saluran lagi tetapi melayang dan akan diendapkan kembali disuatu tempat di hilir lokasiBangunan Penyaring Sedimen (BPS) dengan ukuran butiran sedimen yang lebih halus.

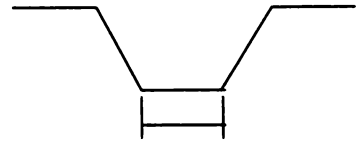


Gambar 5. Menentukan Lokasi BPS Di Saluran yang Telah Dibangun

3.1.3 Menentukan Dimensi Tabung dan Panjang Tabung Excluder

Data saluran :

Q	= debit saluran	= 8 m^3/dt
b	= lebar saluran	= 6 m
h	= tinggi air	= 1,333 m
A	= luas tampang basah	= 10,667 m^2
O	= keliling basah	= 10,807 m
R	= radius basah	= 0,9869 m
m	= kemiringan talud saluran	= 1,5
K	= koefisien kekasaran	
i	= kemiringan saluran	= 0,00025



Gambar 6. Potongan melintangsaluran

Dari data saluran tersebut diatas perlu dihitung antara lain :

- *Froude Number* $Fr = \frac{\bar{v}}{\sqrt{g \times h}}$
- $\bar{V}$ = 8/(6 x 1,333) = 1 m/dt
- q = debit per meter lebar = 8/6 = 1,333 m^2/dt
- $Fr = \frac{\bar{v}}{\sqrt{g \times h}} = \frac{\bar{1}}{\sqrt{9,8 \times 1,33}} = 2,766$
- Debit yang masuk kedalam tabung $Q_T = Q_C$ x R/ N m^3/dt

  Dimana Q_T = debit yang masuk tabung (m^3/dt)

  Q_C = debit saluran (m^3/dt)

  R = Rasio Ekstraksi dari bangunan Penyaring sedimendalam hal ini ditetapkan 5% ; 10% ; 15% ; 20% dan25%

  N = jumlah tabung
- Pakai 1 Tabung dan R = 10%

  Maka debit Q_T = 8x 10% / 1 = 0,8 m^3/dt

  Dengan data

  D_{90} = 1,00 mm

  Fr = 2,766

  QT = 0,8 m^3/dt

  berdasarkan Tabel 7.5 dan panjang tabung 6 m diperoleh antara lain:
  - Diameter tabung = 0,7 meter
  - Kehilangan energi dalam tabung= 0,06 m
- Pakai 2 (dua) Tabung dan R = 10 %

  Maka debit Q_T = 8 x 10% / 2 = 0,4 m^3/dt

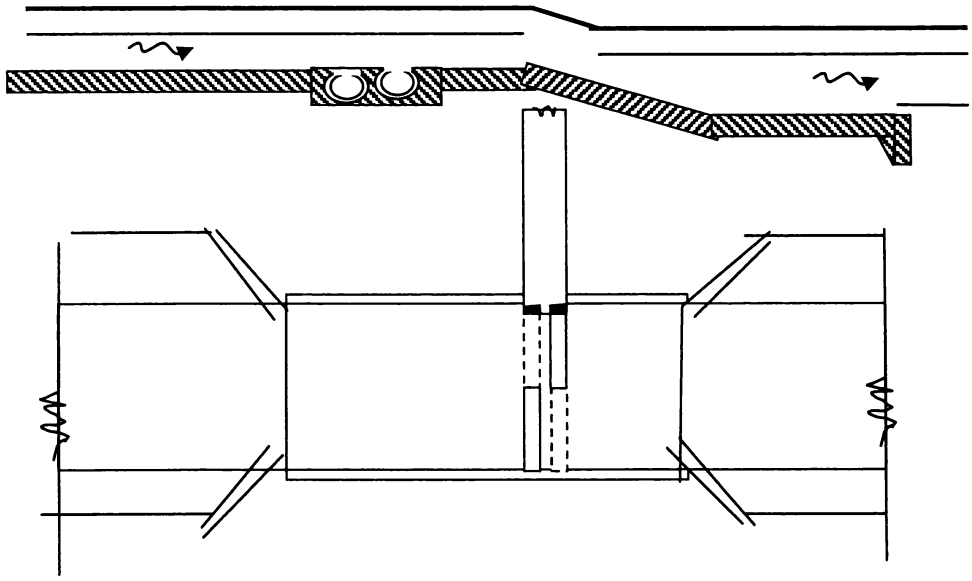
  Dengan data

  Fr = 2,766

  QT = 0,4 m^3/dt

  berdasarkan Tabel 7.5 dan panjang tabung 3 m diperoleh antara lain:
  - Diameter tabung = 0,60 meter
  - Kehilangan energi dalam tabung = 0,15 m
  - D_{90} maksimal

Dari data tersebut dapat didesain bangunan Penyaring Sedimen (BPS) seperti dalam Gambar 7, tetapi tahapan selanjutnya perlu dikaji efektifitas kinerja saluran pembuangnya.



DENAH

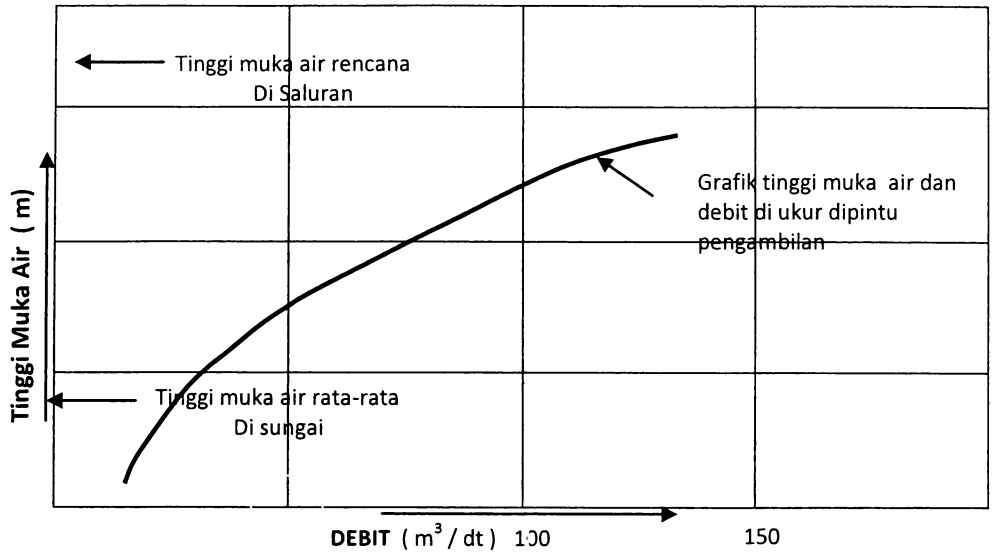
3.1.4 Merencanakan Saluran Pembuang

3.2 Pada Saluran yang Belum Dibangun atau Baru Didesain.

3.2.1 Menentukan Data Sedimen Saluran

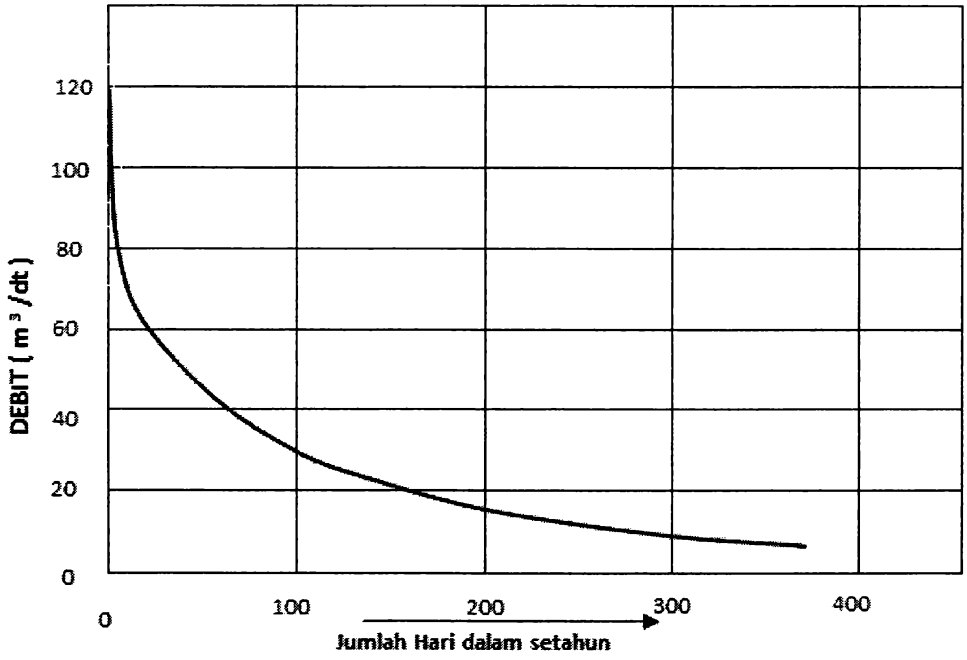
Untuk menghitung X_r diperlukan data ukuran butiran sedimen di sungai dan saluran yang dikaitkan dengan debit, maka data yang perlu dihimpun adalah :

1) Grafik hubungan antara debit sungai dan tinggi muka air (Gambar X.1)



Gambar X .1. Grafik Hubungan Tinggi Muka Air dan Debit

2) Data debit sungai harian dalam setahun (seperti gambar X.2)



Gambar X.2. Catatan Aliran Sungai

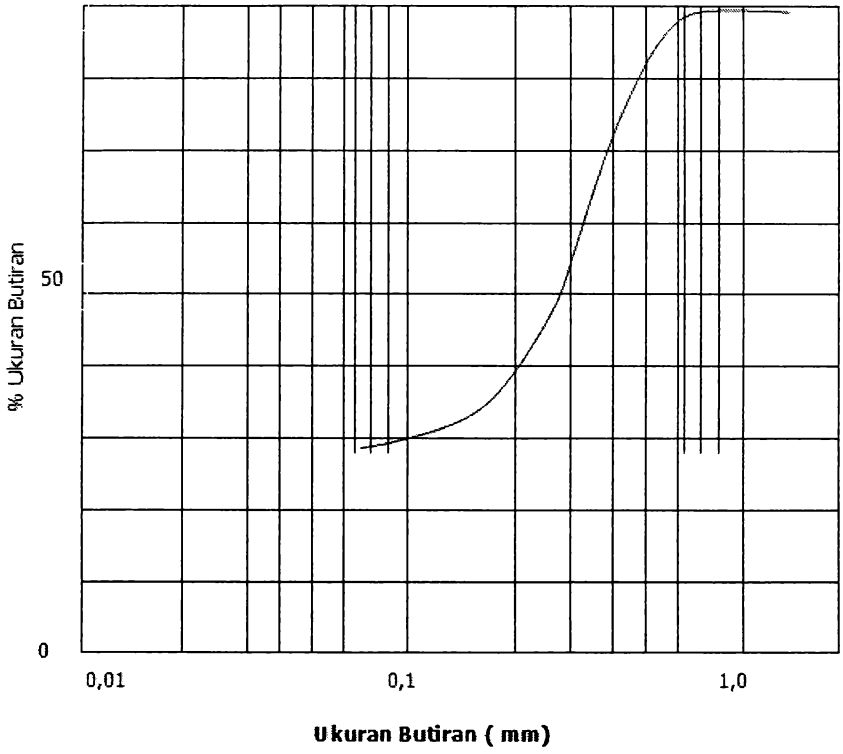
3) Data ukuran Butiran sedimen sungai

Dari aliran sungai diambil contoh dan diukur gradasi butiran sedimennya minimal 10 pengambilan contoh.

Tabel Perhitungan Gradasi Butiran Sedimen Sungai

Ukuran Butiran Sedimen (mm)		Rtr	Bobot Rtr	Proporsi Dalam Aliran Sedimen	Jumlah Kumulatif Dalam Aliran Sedimen	Grafik Gradasi Butiran Dalam Angkutan Sedimen
D_1	0,078	260,0	5,20	0,202	0,202	10,1
D_3	0,095	169,0	3,38	0,132	0,334	26,8
D_5	0,115	112,0	2,24	0,870	0,421	37,8
D_7	0,133	81,0	1,62	0,063	0,484	45,3
D_9	0,150	63,0	1,26	0,049	0,533	50,9
D_{15}	0,191	37,0	3,70	0,144	0,677	60,5
D_{25}	0,240	22,0	2,20	0,086	0,763	72,0
D_{35}	0,276	16,6	1,66	0,065	0,828	79,6
D_{45}	0,310	12,8	1,28	0,050	0,877	85,3
D_{55}	0,343	10,3	1,03	0,040	0,917	89,7
D_{65}	0,380	8,2	0,82	0,032	0,949	93,3
D_{75}	0,420	6,6	0,66	0,026	0,975	96,2
D_{85}	0,510	4,3	0,43	0,170	0,992	98,4
D_{95}	0,710	2,1	0,21	0,008	1,000	99,6
TOTAL			**25,69**			

Dari tabel tersebut diatas dibuat grafik Gambar X.3.dibawah ini dan dari tabeldiatas dapat diketahu $D_{maksimal}$ =0,34 mm dan D_{90} angkutan sedimen di sungai dengan diameter = 0,34 mm.



Gambar X .3. Grafik Gradasi Butiran Sedimen Sungai

3.2.2 Perhitungan Perkiraan Kosentrasi Sedimen Sungai

3.3 Prediksi Kinerja Bangunan Excluder

Prediksi Kinerja bangunan Penangkap sedimen meliputi ditentukan oleh dua faktor yaitu :

- Rasio air extrasi (R) yang dihitung berdasarkan rumus

$$R = \frac{\text{Debit yang mengalir melalui ekstraktor}}{\text{Debit saluran di hulu dari ekstraktor}} \text{ x } 100\%$$

- Effisiensi sedimen yang tersaring atau masuk kedalam alat *excluder* (TE).

$$TE = \frac{\text{Jumlah sedimen yang tersaring dari saluran}}{\text{Jumlah sedimen masuk di hulu saluran}} \times 100\%$$

(1) Sedimen transport dari sungai dan masuk saluran dibagi dalam 3 (tiga) kelas yaitu: Sedimen dasar (partikel besar bergerak dengan menggelinding dan geser)

(2) *Suspended bed* bahan sedimen umumnya terdiri pasir halus dan bahan angkutan lainnya)

(3) Muatan sedimen yang tercuci (*wash load*) biasanya terdiri dari lumpur dan lempung yang terbawa aliran

Kosentrasi sedimen yang terangkut dalam saluran dihitung berdasarkan tinggi aliran, dan parameter hidrolik lainnya seperti kecepatan dan kemiringan maupun persamaan ukuran angkutan sedimen.

3.3.1 Untuk Saluran yang Sudah Dibangun

Kosentrasi sedimen yang masuk saluran dapat diukur dengan pengambilan contoh dengan pompa yang dilakukan berulang- ulang dari sungai maupun di aliran saluran.

Jika tidak ada pengukuran sedimen, maka untuk saluran yang telah berfungsi bertahun-tahun dapat diadakan pengamatan lapangan dan persamaan angkutan sedimen.Yaitu dengan cara saluran di keringkan cari lokasi-lokasi kosentrasi endapan sedimen yang telah mengalami keseimbangan akan terjadi rata-rata kemiringan endapan akan membentuk sama dengan kemiringan muka air saluran. Ambil contoh endapan dan bawa ke laboratorium analisa gradasi butiran contoh sedimen tersebut, ukur besar butiran sedimen D_{10} , D_{50} , D_{90}. Untuk memprediksi endapan sedimen digunakan untuk memperkirakan kapasitas daya angkut pada kodisi debit rencana, menentukan dimensi dan panjang tabung yang diperlukan.

3.4 Menentukan Lokasi Bangunan Penangkap atau Pengeluar Sedimen

3.4.1 Untuk Saluran yang Baru Didesain (Belum Dibangun)

Prasarana penyaring sedimen (*extractor*) idealnya diletakkan pada titik dihilir bangunan utama (*headwork*). Bangunan ini dibangun pada jarak tertentu dari intake dimana kondisi alirannya sudah seimbang dan tidak mengalami turbulensi.

Jika jarak antara intake dengan prasarana penyaring sedimen terlalu dekat maka efisiensi sedimen *trapping* akan berkurang. Disisi lain jika jaraknya terlalu jauh maka sedimen akan mengendap sebelum masuk bangunan penyaring sedimen (*extractor*) sehingga tinggi muka air yang dihasilkan tidak efektif lagi.

Untuk memprediksi lokasi yang ideal menggunakan model perhitungan hidrolis, memecahkan persamaan diffusi turbulen untuk sedimen yang melayang (*suspended*) dijelaskan *Atkinson* (1987) yaitu jarak dari intake untuk suatu aliran dengan konsentrasi sedimen yang merata.

Menurut *Upiri* (1975) prediksi penyesuaian panjang dinaikkan 50% untuk penambahan turbulen yang dimulai dari intake.

Prediksi jarak ideal antara intake sampai lokasi prasarana penyaring sedimen (*extractor*) dapat diperoleh dengan cara memakai tabel (lihat lampiran Tabel 5-1).

Data-data yang diperlukan untuk memperkirakan jarak intake dengan lokasi Bangunan Penyaring Sedimen (BPS) atau "*Excluder*" yaitu:

- Lengkung komulatif gradasi ukuran sedimen yang masuk saluran
- Data lebar rata-rata saluran, kedalaman air dan debit per meter panjang lebar
- Ukuran butiran sedimen pada D_{50}
- Hitung *Froude Number* saluran di hulu bangunan $\mathrm{Fr} = \frac{\mathrm{v}}{\sqrt{\mathrm{g\,x\,h}}}$

DAFTAR PERISTILAHAN IRIGASI

A.A.S.T.H.O.	*American Association of State Highway Officials*
Abrasi	hempasan atau penggerusan oleh gerakan air dan butiran kasar yang terkandung di dalamnya
adjustable proportional module	pengaturan tinggi bukaan lubang pada alat ukur *Crump de Gruyter*
aerasi	pemasukan udara, untuk menghindari tekanan sub atmosfer
agradasi	peninggian dasar sungai akibat pengendapan
agregat beton	butiran kasar untuk campuran beton, misal: pasir,kerikil/batu pecah
agrometeorologi	ilmu cuaca yang terutama membahas pertanian
alat ukur aliran bawah	alat ukur debit melalui lubang
alat ukur aliran bebas	alat ukur dengan aliran diatas ambang dengan aliransempurna
alat ukur *Parshal l*	tipe alat ukur debit ambang lebar, dengan dimensi penyempitan dan kemiringan lantai tertentu
aliran bebas	aliran tanpa tekanan, misal aliran pada gorong- gorong/saluran terbuka, talang
aliran bertekanan	aliran dengan tekanan, misal: aliran pada sipon
aliran getar	aliran pada got miring atau pelimpah yang mengakibatkan getaran pada konstruksi
aliran kritis	aliran dengan kecepatan kritis, dimana energi spesifiknya minimum atau bilangan *Froude* = 1
aliran setinggi tanggul	aliran setinggi tebing sungai, biasanya untuk keperluan penaksiran debit
aliran spiral	aliran pusaran berbentuk spiral karena lengkung-lengkung pada konstruksi
aliran subkritis	aliran yang kecepatannya lebih kecil dari kecepatan kritis, atau Fr < 1
aliran superkritis	aliran dengan kecepatan lebih besar dari kecepatan kritis, atau bilangan *Froude* (Fr) > 1
aliran tenggelam	aliran melalui suatu ambang, dimana muka air udik di pengaruhi oleh muka air hilir
aliran teranyam	aliran sungai terpecah-pecah berbentuk anyaman (*braiding*)
aliran terkonsentrasi	aliran pada penampang yang lebih sempit, misal didasar kantong lumpur terjadi aliran terkonsentrasi pada saat pengurasan
aliran turbulen	aliran tidak tetap dimana kecepatan aliran pada suatu titik tidak

	tetap
aliran/debit moduler	aliran melalui suatu bangunan, pengontrol (bendung, ambang, dsb), dimana aliran di hulu tidak dipengaruhi oleh aliran di bagian hilir, aliran sempurna
alur pengarah	alur untuk mengarahkan aliran
aluvial	endapan yang terbentuk masa sekarang yang tanahnya berasal dari tempat lain
ambang lebar	ambang dengan lebar (panjang) lebih besar dari 1,75 x tinggi limpasan
ambang moduler	ambang dengan aliran moduler/sempurna
ambang tajam teraerasi	ambang tajam dengan tekanan dibawah pelimpahansebesar 1 atm, dengan menghubungkannya dengan udara luar
ambang ujung	ambang di ujung hilir kotam otak (*end sill*)
angka pori	perbandingan antara volume pori/rongga dengan volume butir padat
angka rembesan	perbandingan antara panjang jalur rembesan total dengan beda tinggi energi (lihat angka rembesan L*ane*) arti fisial buatan manusia
AWLR	*Automatic Water Level Recorder*, alat duga muka air otomatis
bagian atas pangkal	elevasi puncak pangkal bendung (*top of abutment*)
bagian normal	bagian saluran dengan aliran seragam
bagian peralihan	bagian pada penyempitan/pelebaran
bak tenggelam	bentuk bak (*bucket*), dimana pada muka air di ujung belakang konstruksi tidak terjadi loncatan air
bakosurtanal	badan koordinasi survey dan pemetaan nasional
bangunan akhir	bangunan paling ujung saluran kuarter, sebelum saluran pembuang yang berfungsi sebagai pegatur muka air dan mengurangi erosi pada ujung saluran kuarter
bangunan bantu	sebagai tambahan pada bangunan utama seperti bangunan ukur
bangunan pelengkap	bangunan yang melengkapi jaringan utama seperti: talang, bangunan silang, terjunan dll
bangunan pembilas	bangunan yang berfungsi untuk membilas sedimen
bangunan pengaman	bangunan untuk mencegah kerusakan konstruksi, misal: bangunan pelimpah samping, pembuang silang dsb
bangunan pengambilan	bangunan untuk memasukkan air dari sungai/sumber air ke saluran irigasi
bangunan pengelak	bangunan untuk membelokkan arah aliran sungai, antara lain bendung

bangunan peredam energi	bangunan untuk mengurangi energi aliran, misal kolam olak
bangunan utama	bangunan pada atau di sekitar sungai, seperti: bendung, tanggul penutup, pengambilan, kantong lumpur, serta bangunan-bangunan penting lainnya
banjir rencana	banjir maksimum dengan periode ulang tertentu (misal: 5,10,50,100 tahun), yang diperhitungkan untuk perencanaan suatu konstruksi
bantaran sungai	bagian yang datar pada tebing sungai
batas *Atterberg*	batasan-batasan untuk membedakan atau mengklasifikasi plastisitas lempung
batas cair	kandungan air minimum pada tanah lempung dalam keadaan batas antara cair dan plastis
batas meander	suatu batas fiktif dimana belokan dan perpindahan sungai tidak akan keluar dari batas tersebut
batas moduler	titik dimana aliran moduler berubah menjadi nonmoduler
batas plastis	kandungan air dimana tanah lempung masih dalam keadaan plastis dapat digulung dengan diameter ± 3 mm tanpa putus
batu candi	batu kasar (granit, andesit dan sejenis) yang dibentuk secara khusus untuk dipergunakan sebagai lapisan tahan gerusan
bendung gerak	bendung yang dilengkapi dengan pintu-pintu gerak untuk mengatur ketinggian air
bendung saringan bawah	bendung dengan pengambilan pada dasar sungai, dilengkapi dengan beberapa tipe saringan contoh: bendung tyroller
bentang efektif	bentang yang diambil dalam perhitungan struktural jembatan
bibit unggul	bibit tertentu yang produksinya lebih tinggi dari bibit lokal
bilangan *Froude*	bilangan tak berdimensi yang menyatakan hubungan antara kecepatan gravitasi dan tinggi aliran dengan rumus:
	$Fr = v/\sqrt{gh}$, dimana
	Fr = 1 : kritis
	F r < 1 : subkritis
	Fr> 1 : superkritis
bitumen	sejenis aspal, dapat berbentuk cair maupun padat
blok halang	blok (biasanya dari beton) yang dipasang pada talut belakang bendung atau pada dasar kolam olak, dengan maksud memperbesar daya redam energi sehingga kolam olak bisa diperpendek
blok halang	blok-blok (biasanya beton) yang dipasang pada kolam olak, berfungsi sebagai peredam energi

blok muka	blok halang pada lereng hilir pelimpah untuk menutupaliran sungai pada saat pelaksanaan
bor log	penampang yang menggambarkan lapisan tanah pondasi, disertai dengan keterangan-keterangan seperlunya misal: muka air, kelulusan dan deskripsi lapisan
breaching	membuat lubang pada tubuh tanggul
bronjong	salah satu konstruksi pelindung tanggul sungai, kawat dan batu
bunded rice field	sawah yang dikelilingi tanggul kecil
busur baja	baja lengkung penunjang terowongan saat pelaksanaan
CBR	*California Bearing Ratio*; suatu metode pengujian standar untuk mengetahui daya dukung lapisan dasar jalan raya
celah kontrol trapesium	bangunan pengontrol muka air dengan celah berbentuk trapesium
cerobong (*shaft*)	lobang vertikal untuk pemeriksaan bagian bawah konstruksi, misal dasar sipon
Constant Bead Orifice (CHO)	tipe atat ukur debit dengan perbedaan tinggi tekanan antara hilir dan udik konstan
contoh tanah tak terganggu	contoh tanah yang masih sesuai dengan keadaan aslinya
curah hujan efektif	bagian dari curah hujan yang efektif untuk suatu proses hidrologi yang bisa dimanfaatkan, misal: pemakaian air oleh tanaman, pengisian waduk dsb
curah hujan konsekutif	curah hujan berturut-turut dalam beberapa hari
D.R.	*Diversion Requirement*, besamya kebutuhan penyadapan dari sumber air
daerah aliran sungai (DAS)	daerah yang dibatasi bentuk topografi, dimana seluruh curah hujan di sebelah dalamnya mengalir ke satu sungai
debit andalan	debit dari suatu sumber air (misal: sungai) yang diharapkan dapat disadap dengan resiko kegagalan tertentu, misal 1 kali dalam 5tahun
debit puncak	debit yang terbesar pada suatu periode tertentu
debit rencana	debit untuk perencanaan bangunan atau saluran
debit rencana	debit untuk perencanaan suatu bangunan air
degradasi	penurunan dasar sungai akibat penggerusan
depresi	daerah cekungan yang sulit pembuangannya
dewatering	usaha pengeringan dengan berbagai cara, misal pemompaan
diluvium	endapan sungai data lingkungan dan ekologi data-data yang meliputi data fisik, biologi, kimiawi, sosio ekonomi dan budaya

dinding balang	dinding vertikal/miring dibawah bendung, berfungsi memperpanjang jalur/garis rembesan (*cut-off*)
double massplot	kurva akumulasi dua data, misalnya curah hujan dari suatu stasiun, dengan data dari stasiun sekitarnya, untuk mendapatkan suatu perbandingan
efisiensi irigasi	perbandingan antara air yang dipakai dan air yang disadap, dinyatakan dalam %
efisiensi irigasi total	hasil perkalian efisiensi petak tersier, saluran sekunder dan saluran primer, dalam %
efisiensi pompa	perbandingan antara daya yang dihasilkan dan daya yang dipakai
eksploitasi pintu	tata cara pengoperasian pintu
energi kinetis	energi kecepatan aliran
energi potensial	energi perbedaan ketinggian
erodibilitas	kepekaan terhadap erosi
erosi bawah tanah	aliran air melalui bawah dan samping konstruksi dengan membawa butiran (piping)
erosi bawah tanah	terbawanya butir tanah pondasi akibat gaya rembesan (piping)
evaporasi	Penguapan
evapotranspirasi	kehilangan air total akibat penguapan dari muka tanah dan transpirasi tanaman
F.A.O.	*Food and Agriculture Organization* organisasi pangan dunia dibawah naungan PBB
faktor frekuensi tumbuh	faktor pengali terhadap rata-rata banjir tahunan untuk mendapatkan debit banjir dengan periode ulang lainnya
faktor reduksi debit tenggelam	faktor perbandingan antara aliran bebas dan aliran tenggelam pada suatu bangunan ukur
faktor tahanan rembesan	faktor pengali panjang jalur rembesan sehubungan kondisi bentuk pondasi dan jenis tanah
faktor tulangan	hubungan antara perbandingan tulangan tarik dan tekan dengan kekuatan batas baja rencana
fenomena (gejala) aliran	menyatakan sifat yang dimiliki oleh aliran yang bersangkutan
filter	konstruksi untuk melewatkan air tanpa membawa butiran tanah
fleksibilitas	perbandingan antara besarnya perubahan debit suatu bukaan dengan bukaan lainnya
fleksibilitas eksploitasi pompa	kapasitas pemompaan dibagi-bagi kepada beberapa pompa untuk memudahkan E & P
flum	bagian dari saluran dengan penampang teratur biasanya diberi

	pasangan, misal: gorong-gorong terbuka, talang dan saluran dengan pasangan
foil plastik	plastik penyekat
foto udara	foto hasil pemotretan dari udara dengan ketinggian tertentu, untuk keperluan pemetaan
fraksi sedimen kasar	fraksi sedimen pasir dan kerikil diameter D > 0,074 mm
G.F.R.	*Gross Field Water Requirement* kebutuhan air total (bruto) di sawah dengan mempertimbangkan faktor-faktor pengolahan lahan, rembesan, penggunaan konsumtif dan penggantian lapisan air
gambar pabrikan	gambar yang dikeluarkan oleh pabrik
gambar pengukuran	gambar atau peta hasil pengukuran/pemetaan
gambar penyelidikan	gambar atau peta yang menyatakan hasil penyelidikan
gambar purnalaksana	gambar setelah dilaksanakan (*as built drawing*)
garis energi	garis yang menghubungkan titik-titik tinggi energi
garis kontur	garis yang menghubungkan titik-titik yang sama tingginya, disebut juga garis tinggi
gaya tekan ke atas	tekanan ke atas, umumnya disebabkan tekanan air (*uplift*)
gelombang tegak	bentuk loncatan air bila perubahan kedalaman air kecil, dimana hanya terjadi riak gelombang saja
gelombang tegak	suatu bentuk gelombang aliran air yang dapat terjadi pada bilangan Froude antara 0,55 s/d 1,40
geluh (*loam*)	tanah dengan tekstur campuran pasir, lanau dan lempung
geometri saluran/bangunan	perbandingan antara dimensi-dimensi saluran/bangunan
gesekan	dan tebing saluran/sungai
got miring	saluran dengan kemiringan tajam dimana terjadi aliran superkritis
gradasi	pembagian dan ukuran butir tanah, pasir dsb
gradien medan	kemiringan medan
gully	alur lembah yang dibentuk oleh arus air, dimana aliran air hanya ada jika ada hujan lebat
hidrodinamik	air dalam keadaan bergerak
hidrometeorologi	ilmu cuaca yang terutama membahas hidrologi
hidrostatik	air dalam keadaan diam
hockey stick	*layout krib* menyerupai tongkat hoki
hujan efektif	hujan yang betul-betul dapat dimanfaatkan oleh tanaman
hujan titik	curah hujan pada daerah yang terbatas sekitar stasiun hujan

I.H.E	*Institute of Hydraulic Engineering* (DPMA)
I.R.R	*Internal Rate of Return* tingkat bunga dimana nilai pengeluaran sama dengan nilai penerimaan, diperhitungkan berdasarkan nilai uang sekarang
indeks plastisitas (PI)	kisaran kandungan air dalam tanah dimana tanah kohesif menjadi plastis, besaran ini terletak antara batas cair dan plastis Indeks Plastisitas = batas cair - batas plastis
irigasi melingkar	salah satu metode perencanaan trase saluran-saluran tersier dimana arah aliran berlawanan dengan aliran jaringan utama (*counter flow irrigation*)
jalan inspeksi	jalan sepanjang saluran irigasi dan pembuang untuk keperluan inspeksi
jalur rembesan	jalur lintasan rembesan antara bagian udik dan hilir suatu konstruksi, melalui dasar atau samping konstruksi
jalur-jalur	barisan petak-petak sawah yang diairi
jari-jari hidrolis	perbandingan antara penampang basah dan keliling basah
jaringan aliran	jala-jala aliran air tanah yang terdiri dari garis aliran dan garis ekuipotensial
jaringan bongkah	saringan pada mulut pintu pengambilan untuk mencegah bongkah-bongkah batu dan sampah agar tidak ke jaringan saluran
jaringan irigasi	seluruh bangunan dan saluran irigasi
jaringan irigasi teknis	jaringan yang sudah memisahkan antara sistem irigasi, pembuang dan jaringan tersier
jaringan pembuang	seluruh bangunan dan saluran pembuang
jaringan saluran	sistim saluran, hubungan antara satu saluran dengan saluran lainnya
kantong lumpur	bangunan untuk mengendapkan dan menampung lumpur yang pada waktu tertentu dibilas
karakteristik saluran	data saluran berupa debit, kemiringan talut, dsb
kavitasi	terjadinya tekanan lebih kecil dari 1 atm, yang mengakibatkan gelembung-gelembung udara pada permukaan badan bendung, menimbulkan lubang-lubang karena terlepasnya butiran-butiran agregat dari permukaan konstruksi
kebutuhan pembuang	debit puncak saluran pembuang
kebutuhan pengambilan	kebutuhan air pada tingkat sumbernya
kebutuhan pengambilan	keperluan air pada bangunan sadap
kecepatan dasar	kecepatan yang dikonversikan pada kedalaman aliran 1 m

kecepatan datang	kecepatan air sebelum memasuki suatu konstruksi, seperti bendung, pintu air, dsb
kecepatan spesifik	kecepatan khas putaran pompa atau turbin, fungsi dari jenis aliran dan tipe pompa
kedalaman air hilir	kedalaman air sebelah hilir konstruksi, dimana terjadi kecepatan aliran subkritis
kedalaman konjugasi	hubungan antara tinggi kedalaman sebelum dan sesudah loncatan air
kehilangan dibagian siku	kehilangan energi dalam pipa karena pembengkokan
kehilangan tekanan akibat	kehilangan tekanan akibat gesekan pada dasar tingkat kelayakan proyek yang dapat dicapai
kelompok hidrologis tanah	kelompok tanah berdasarkan tingkat transmisi air
kelulusan tanah	tingkat keresapan air melalui tanah, dinyatakan dalam satuan panjang/satuan waktu (L/T)
kemampuan tanah	kemampuan lahan untuk budidaya tanaman terrtentu sehubungan dengan kondisi topografi, kesuburan dll
kemiringan maksimum	kemiringan saluran maksimum dimana tidak terjadi penggerusan
kemiringan minimum	kemiringan saluran minimum dimana tidak terjadi pengendapan
kemiringan talut	kemiringan dinding saluran
kerapatan satuan	berat per volume dibagi gravitasi
keseimbangan batas	keseimbangan aliran pada sudetan telah berfungsi, keseimbangan akhir
ketinggian nol (0)	ketinggian, yang sudah ditetapkan sebagai elevasi nol (0), diatas permukaan laut
kisi-kisi penyaring	saringan yang dipasang pada bagian muka pintu pengambilan, sipon, pompa dll, untuk menyaring sampah dan benda-benda yang terapung (*trash rack*)
klimatologi	ilmu tentang iklim
koefisien debit	faktor reduksi dari pengaliran ideal
koefisien kekasaran gabungan	koefisien kekasaran pada ruas saluran yang terdiri dari berbagai kondisi penampang basah
koefisien ekspansi linier	koefisien muai beton per 1^0 C
koefisien kekasaran	koefisien yang menyatakan pengaruh kekasaran dasar dan tebing saluran/sungai terhadap kecepatan aliran
koefisien kontraksi	koefisien pengurangan luas penarnpang aliran akibat penyempitan
koefisien pengaliran	koefisien perbandingan antara volume debit dan curah hujan

kolam loncat air	kolam peredam energi akibat loncatan air
kolam olak tipe bak tenggelam	ujung dari bak selalu berada dibawah muka air hilir
konfigurasi	gambaran bentuk permukaan tanah
konglomerat	batuan keras karena tersementasi dengan komponen dasar berbentuk bulatan
konsentrasi sedimen	kandungan sedimen per satuan volume air, dinyatakan dalam Ppm atau mg/liter
konservatif	perencanaan yang terlalu aman
koperan	konstruksi di dasar sungai/saluran untuk menahan rembesan melalui bawah
krip	bangunan salah satu tipe perlindungan sungai
lapisan *subbase*	lapisan antara lapisan dasar (*base*) dan perkerasan pada badan jalan raya
layout petak tersier	suatu jaringan tersier (saluran pembawa/pembuang) dengan pembagian petak kuarter dan subtersier
lebar efektif bendung	Lebar bersih pelimpahan: lebar kotor dikurangi pengaruh-pengaruh konstraksi akibat pilar dan pangkal bendung yang merupakan fungsi tinggi energi (H^1)
lebar ekuivalen	lebar tekan ekuivalen beton
lengkung debit	grafik antara tinggi air dan debit
lengkung/kurva pengempangan	lengkung muka air, positif jika kemiringan air, kemiringan dasar sungai/saluran keduanya terjadi pada aliran subkritis
limpasan tanggul	aliran yang melewati tanggul/tebing sungai
lindungan sungai	bangunan yang berfungsi melindungi sungai terhadap erosi, pengendapan dan longsoran, misal: krib pengarah arus, pasangan, dsb
lingkaran slip	lingkaran gelincir, bidang longsor
lokasi sumber bahan galian	tempat penggalian bahan bangunan batu
loncatan hidrolis	perubahan dari aliran superkritis ke subkritis
M.O.R.	*Main Off-take Water Requirement* besarnya kebutuhan air pada pintu sadap utama
Meandering	aliran sungai berbelok-belok dan berpindah-pindah
Mercu	bagian atas dari pelimpah atau tanggul
metode debit diatas ambang	*Peak Over Treshold*, suatu metode menaksir banjir rencana, dimana data hidrograf aliran terbatas (mis: 3 tahun), dengan mempertimbangkan puncak-puncak banjir tertentu saja
metode numerik	metode analitis/bilangan

metode stan ganda	suatu metode pengukuran potongan memanjang, dimana suatu titik dibidik dari 2 posisi
micro film	film positif berukuran kecil (± 8 x 12 mm) hanya dapat dibaca dengan alat khusus yang disebut *micro fiche reader*
mode of failure (beton)	pola keruntuhan, sehubungan dengan perencanaan tulangan balok T
modulus pembuang	banyaknya air yang harus dibuang dari suatu daerah irigasi, dinyatakan dalam volume persatuan luas/satuan waktu
morfologi sungai	bentuk dan keadaan alur sungai sehubungan dengan alirannya
mortel	adukan
mosaik	peta yang terdiri dari beberapa foto udara yang disambungkan
muka air rencana saluran	muka air yang direncanakan pada saluran untuk dapat mengairi daerah tertentu secara gravitasi
N.F.R.	*Net-Field Water Requirement* satuan kebutuhan bersih (netto) air di sawah, dalam hal ini telah diperhitungkan faktor curah hujan efektif
neraca air	keseimbangan air, membandingkan air yang ada, air hilang dan air yang dimanfaatkan
ogee	salah satu tipe Mercu bendung yang permukaannya mengikuti persamaan tertentu, hasil percobaan USCE
P3A	Perkumpulan Petani Pemakai Air, misal Dharma Firta, Mitra Cai dan Subak
pangkal bendung	kepala bendung, abutment
paritan	lubang yang digali pada tebing antara 0,5 s/d 1 m lebar dan 1 s/d 2 m dalam, untuk keperluan pengumpulan data geoteknik
patahan	patahan pada permukaan bumi karena suatu gaya, sehingga suatu lapisan menjadi tidak sebidang lagi
patok hektometer	patok beton yang dipasang setiap jarak 100 meter sepanjang tebing saluran untuk keperluan E & P dan orientasi lapangan
pelapukan	proses lapuknya batuan karena pengaruh iklim
pemberian air parsial	misal pada debit saluran 70%, akibat pengoperasian pintu
pembilas bawah	pembilas melalui tubuh bendung berupa gorong-gorong di bagian bawah pintu penguras
pembilas samping	pembilas samping, tidak terletak pada tubuh bendung dengan maksud tidak mengurangi lebar tubuh bendung (*shunt undersluice*)
pembuang *ekstern*	saluran pembuang untuk pembuangan yang berasal dari luar daerah irigasi
pembuang *intern*	saluran pembuangan air dari daerah irigasi

penampang kontrol	penampang dimana aliran melalui ambang pengatur aliran, di sini terjadi aliran kritis
pengambilan bebas	penyadapan langsung dari sungai secara gravitasi, tanpa konstruksi peninggi muka air
pengarah aliran	konstruksi yang mengarahkan aliran ke arah tertentu biasanya menjauhi tanggul
penggerusan	berpindah atau terangkutnya, butiran pasir/kerikil akibat kecepatan aliran
penggunaan (air) konsumtif air	yang dibutuhkan oleh tanaman untuk proses evapotranspirasi atau evapotranspirasi dari tanaman acuan
pengolahan lahan	pelumpuran sawah, tindakan menghaluskan struktur tanah untuk mereduksi porositas dan kelulusan dengan cara, misalnya pembajakan sawah
penyadapan liar	pengambilan air tidak resmi pada saluran irigasi tanpa menggunakan pipa
perencanaan hidrolis	perhitungan hidrolis untuk menetapkan dimensi bangunan
periode tengah bulanan	periode sehubungan dengan perhitungan satuan kebutuhan air irigasi, atau pergeseran pola tanam pada sistem golongan
periode ulang	suatu periode dimana diharapkan terjadi hujan atau debit maksimum
perkolasi	gerakan air dalam tanah dengan arah vertikal ke bawah
peta geologi	peta yang menggambarkan keadaan geologi, dinyatakan dengan simbol-simbol dan warna tertentu, disertai keterangan seperlunya
peta geologi daerah	peta geologi skala kecil (misal 1 : 100.000 atau lebih), menggambarkan secara umum keadaan geologi suatu wilayah, mengenai jenis batuan, endapan, umur, dan struktur yang ada
peta geologi detail	peta yang dibuat berdasarkan hasil penyelidikan lapangan dan laboratorium detail, dibuat diatas peta topografi skala besar, misal 1 : 5000 atau lebih besar, untuk berbagai keperluan, misal peta geologi teknik detail
peta geologi teknik	peta geologi dengan tujuan pemanfaatan dalam bidang teknik
peta geologi tinjau	dibuat berdasarkan hasil pengamatan lapangan selinw, tidak detail, sedikit memberikan gambaran mengenai keadaan morfologi, jenis batuan, struktur, dan hubungan antara satuan batuan
peta ortofoto	peta situasi yang dibuat dari hasil perbesaran foto udara, dilengkapi dengan garis kontur dan titik ketinggian (*semi control*)

peta topografi	peta yang menggambarkan kondisi topografi, letak dan ketinggian medan
petak tersier ideal	petak tersier lengkap dengan jaringan irigasi, pembuang dan jalan, serta mempunyai ukuran optimal
petak tersier optimal	petak tersier yang biaya konstruksi dan E & P jaringannya minimal
piesometer	alat untuk mengukur tekanan air
pintu penguras	pintu yang berfungsi sebagai penguras sedimen, terutama dari depan pintu pengambilan
pintu radial	pintu berbentuk busur lingkaran
pola tanaman	urutan dan jenis tanaman pada suatu daerah
pompa naik hidrolis	pompa *Hydraulic Ram* atau pompa hidran, tenaga penggeraknya berasal dari impuls aliran
ppm	*Part per million*
prasarana (infrastruktur)	fasilitas untuk pelayanan masyarakat seperti : jaringan jalan, irigasi, bangunan umum
prasaturasi	penjenuhan tanah pada awal musim hujan
program ekstensifikasi	usaha poningkatan produksi dongan penganekaragaman usaha tani, misal: Jenis tanaman, ternak, perikanan, dll
program intensifikasi	usaha peningkatan produksi pertanian dengan penyempurnakan sarana irigasi dan penggunaan teknologi pertanian maju
prototip	contoh dengan ukuran sesuai dengan obyek sebenarnya
relief mikro	bentuk cekungan-cekungan atau tonjolan-tonjolan kecil permukaan tanah
resistensi	tahanan/hambatan aliran karena kekasaran saluran
ripples	suatu bentuk dasar sungai karena tipe pengangkutan sedimen dasar
risiko proyek	kemungkinan terjadinya suatu hal yang tidak diinginkan, misal kegagalan pada proyek pada periode waktu tertentu (misal: selama pelaksanaan, umur efektif proyek dst)
rotasi permanen	sistem pembagian air secara berselang-seling ke petak-petak kuarter tertentu
ruang bebas jembatan	jarak antara bagian terbawah konstruksi dengan muka air rencana
S.O.R.	*Secondary Off-take Water Requirement* besarnya kebutuhan air pada pintu sadap sekunder
saluran cacing	cabang saluran kuarter, mengalirkan air dari saluran kuarter ke petak sawah

saluran gali dan timbun	saluran tertutup yang dibuat dengan cara penggalian dan kemudian ditutup kembali (saluran conduit)
saluran irigasi	saluran pembawa air untuk menambah air ke saluran lain/daerah lain
saluran pembuang alamiah	misal anak atau cabang sungai
saluran pintasan	Saluran melintasi lembah atau memotong bukit pada saluran garis tinggi (biasanya saluran besar), karena akan terlalu mahal jika harus terus mengikuti garis tinggi
sedimen abrasif	sedimen yang terdiri dari pasir keras dan tajam, bersama dengan aliran dapat menimbulkan erosi pada permukaan konstruksi
sedimen dasar	sedimen pada dasar sungai/saluran
sedimen layang	sedimen di dalam air yang melayang karena gerakan air
simulasi	peniruan, suatu metode perhitungan hidrologi/hidrolis untuk mempelajari karakteristik aliran sungai/perilaku konstruksi
sipon pelimpah	sipon peluap
sistem grid	suatu metode pengukuran pemetaan situasi
sistem golongan teknis	sistim golongan yang direncanakan secara teknis pada petak sekunder atau primer, sehubungan dengan penggeseran masa penanaman disini dilakukan pemberian air secara kontinyu
sistim rotasi	sistem pemberian air secara giliran pada beberapa petak kuarter atau tersier yang digabungkan. Di sini pemberian air dilakukan tidak kontinyu
sponeng	alur (coak) untuk naik turunnya pintu
studi simulasi	suatu cara mengevaluasi perilaku suatu konstruksi/proyek (misalnya waduk, bendung, jaringan irigasi dsb), dengan masukkan parameter historis (data curah hujan, debit) pada jangka waktu tertentu
sudetan atau kopur	alur baru yang dibuat di luar alur sungai lama, untuk keperluan-keperluan pengelakan aliran, penurunan muka air banjir dan pembangunan bending
sudut gradien energi	sudut kemiringan garis energi terhadap garis horizontal
sudut lentur (pada got miring)	sudut kemiringan muka air pada got miring yang harus memenuhi persyaratan tertentu, untuk mencegah terjadinya gelombang
sudut mati	bagian dimana sedimen tidak dapat dikuras/dibilas dengan kecepatan aliran (*dead comer*)
sumber bahan timbunan	tempat pengambilan bahan timbunan tanah dan pasir
surface roller	gerakan aliran yang menggelinding pada permukaan konstruksi

T.O.R.	*Tertiary Off-take Requirement* besarnya kebutuhan air pada pintu sadap tersier
talang sipon	sipon melintasi alur sungai dimana dasar sipon terletak diatas muka air banjir
tampakan (*feature*)	gambaran bentuk yang dinyatakan dengan simbol-simbol tertentu disertai keterangan seperlunya
tanah bengkok	lahan pertanian yang hak penggunaannya diserahkan kepada pejabat desa karena jabatannya. Beberapa daerah mempunyai istilah setempat untuk tanah bengkok ini
tanaman acuan	tanaman yang diteliti untuk mengetahui besarnya evapotranspirasi potensial
tanaman ladang	tanaman yang semasa tumbuhnya tidak perlu digenangi air, misal padi gadu, palawija, karet, tebu, kopi dsb (*upland crop*)
tanggul banjir	konstruksi untuk mencegah terjadinya banjir di belakang tanggul tersebut
tanggul banjir	tanggul untuk pengaman terhadap banjir di daerah sebelah belakang tanggul tersebut
tanggul penutup	tanggul yang berfungsi untuk menutup dan atau mengelakkan aliran
tegangan efektif	tegangan yang bekerja pada butiran tanah tegangan air pori
tegangan geser kritis	tegangan geser dimana tidak terjadi penggerusan penampang aliran
tekanan pasif	tekanan melawan tekanan aktif
tekanan piesometrik	tekanan air yang terukur dengan alat piesometer
tekanan sub atmosfer	tekanan lebih kecil dari 1 atm
tekanan tanah aktif	tekanan tanah yang mendorong dinding ke arah menjauhi tanah
tembok sayap	dinding batas antara bangunan dan pekerjaan tanah sekitarnya berfungsi juga sebagai pengarah aliran
tes batas cair	suatu pengujian laboratorium untuk mengetahui kandungan air dalam contoh tanah pada batas perilaku tanah seperti zat cair
tikungan stabil	tikungan aliran dimana tidak terjadi erosi oleh arus
tinggi energi	tinggi air ditambah tinggi tekanan dan tinggi kecepatan
tinggi jagaan minimum	tinggi jagaan yang ditetapkan minimum berdasarkan besaran debit saluran
tinggi muka air yang diperlukan	tinggi muka air rencana untuk dapat mengairi daerah irigasi sebelah hilirnya
tinggi tekanan	tekanan dibagi berat jenis
tingkat pertumbuhan	saat khusus pertumbuhan tanaman

tipe tulang ikan	tipe jaringan irigasi saluran dan pembuang berbentuk tulang ikan dikembangkan di daerah pedataran terutama di daerah rawa
transmisivity	perkalian antara koeffisien permeabilitas dan tebal akuifer
transplantasi	penanaman pemindahan bibit dari persemaian ke sawah
transposisi data	pemakaian data dari satu daerah aliran sungai di daerah aliran sungai lainnya yang ditinjau dan diperkirakan sama kondisinya
trase	letak dan arah saluran atau jalan
turbulensi	pergolakan air untuk mereduksi energi (pada kolam olak)
U.S.B.R	*United States Bureau of Reclamation*
U.S.C.E	*United States Army Corps of Engineers*
U.S.C.S	*Unified Soil Classification System*
U.S.D.A	*United States Department of Agriculture*
U.S.S.C.S	*United States Soil Conservation Service*
ulu-ulu	petugas pengairan desa yang bertanggung jawab atas pembagian air pada satu satu petak tersier
unit kontrol irigasi	satuan pengelolaan irigasi misal: petak tersier, sekunder, dst
variasi muka air	0,18 h_{100} penambahan tinggi muka air pada saluran yang diperlukan untuk mengairi seluruh petak tersier, jika debit yang ada hanya 70% dan Q_{100}
vegetasi	tumbuh-tumbuhan/tanaman penutup
waktu konsentrasi	waktu yang diperlukan oleh satu titik hujan dari tempat terjauh dalam suatu daerah aliran sungai mengalir ke tempat yang ditetapkan, misal lokasi bendung



ISBN 978-602-17627-1-4

