



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

STANDAR PERENCANAAN IRIGASI

**KRITERIA PERENCANAAN
BAGIAN
SALURAN
KP-03**

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 di masa 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 meningkatkan 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 rencana masih harus melakukan usaha khusus berupa analisis, perhitungan dan penyesuaian dalam perencanaan 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 Teknis terdiri 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 rencana 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 Indonesia. 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 <i>REVIEW</i> KRITERIA PERENCANAAN IRIGASI.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Umum	1
BAB II DATA PERENCANAAN IRIGASI.....	3
2.1 Data Topografi.....	3
2.2 Kapasitas Rencana	5
2.2.1 Debit Rencana	5
2.2.2 Kebutuhan Air Di Sawah	6
2.2.3 Efisiensi.....	7
2.2.4 Rotasi Teknis (Sistem golongan)	10
2.3 Data Geoteknik	11
2.4 Data Sedimen	12
BAB III SALURAN TANAH TANPA PASANGAN.....	15
3.1 Tahap Studi.....	15
3.1.1 Aliran Irigasi Tanpa Sedimen di Saluran Tanah	16
3.1.2 Air Irigasi Bersedimen di Saluran Pasangan.....	17
3.1.3 Aliran Irigasi Bersedimen di Saluran Tanah	17
3.2 Rumus dan Kriteria Hidrolis.....	17
3.2.1 Rumus Aliran	17
3.2.2 Koefisien Kekasaran <i>Strickler</i>	18
3.2.3 Sedimentasi	20
3.2.4 Erosi	21
3.3 Potongan Melintang Saluran.....	26
3.3.1 Geometri	26
3.3.2 Kemiringan Saluran	26
3.3.3 Lengkung Saluran	27
3.3.4 Tinggi Jagaan	28
3.3.5 Lebar Tanggul	29
3.3.6 Garis Sempadan Saluran	31
3.3.7 Perencanaan Saluran Gendong.....	34

3.3.7.1	Gambaran Umum	34
3.3.7.2	Tata Cara dan Dasar Perhitungan.....	35
3.3.7.3	Dimensi Saluran Gendong	35
3.3.7.4	Kelebihan dan Kelemahan Saluran Gendong.....	37
3.4	Potongan Memanjang	37
3.4.1	Muka Air yang Diperlukan	37
3.4.2	Kemiringan Memanjang	40
3.4.2.1	Kemiringan Minimum.....	40
3.4.2.2	Kemiringan Maksimum.....	41
3.4.2.3	Perencanaan Kemiringan Saluran	41
3.5	Sipatan Penampang Saluran Tanah.....	43
BAB IV	SALURAN PASANGAN	45
4.1	Kegunaan Saluran Pasangan.....	45
4.2	Jenis-Jenis Pasangan	47
4.2.1	<i>Lining</i> Permukaan Keras.....	48
4.2.2	Tanah.....	49
4.2.3	<i>LiningFerrocement</i>	49
4.3	Perencanaan Hidrolis	53
4.3.1	Kecepatan Maksimum.....	53
4.3.2	Koefisien Kekasaran	54
4.3.3	Perencanaan untuk Aliran Subkritis.....	55
4.3.4	Lengkung Saluran	56
4.3.5	Tinggi Jagaan	56
BAB V	TEROWONGAN DAN SALURAN TERTUTUP	57
5.1	Pemakaian.....	57
5.1.1	Topografi.....	57
5.1.2	Geologi.....	57
5.1.3	Kedalaman Galian.....	58
5.1.4	Kondisi Air Tanah.....	58
5.2	Bentuk-Bentuk dan Kriteria Hidrolis.....	58
5.2.1	Terowongan	58
5.2.1.1	Kondisi Aliran	58
5.2.1.2	Bentuk Potongan Melintang.....	59
5.2.1.3	Ukuran Minimum.....	61
5.2.1.4	Lengkungan.....	61
5.2.1.5	Penyangga dan Pasangan Terowongan	61
5.2.1.6	Peralihan.....	64
5.2.1.7	Penutup Minimum.....	65
5.2.2	Saluran Tertutup.....	65
5.2.2.1	Kondisi Aliran	66
5.2.2.2	Bentuk Potongan Melintang.....	66

5.2.2.3	Lengkung.....	67
5.2.2.4	Ukuran Minimum.....	67
5.3	Perencanaan Hidrolis.....	67
5.3.1	Rumus Aliran.....	67
5.3.2	Koefisien Kekasaran dan Kecepatan Maksimum.....	67
5.3.3	Kemiringan Hidrolis.....	68
5.3.4	Tinggi Jagaan.....	68
5.3.5	Perencanaan Potongan Melintang.....	69
5.3.6	Kehilangan Total Tinggi Energi.....	69
5.3.7	Kehilangan Tinggi Energi pada Siku dan Tikungan Saluran Tertutup.....	70
BAB VI	PERENCANAAN SALURAN PEMBUANG.....	73
6.1	Data Topografi.....	73
6.2	Data Rencana.....	74
6.2.1	Jaringan Pembuang.....	74
6.2.2	Kebutuhan Pembuang untuk Tanaman Padi.....	75
6.2.3	Kebutuhan Pembuang untuk Sawah Non Padi.....	80
6.2.4	Debit Pembuang.....	82
6.3	Data Mekanika Tanah.....	85
BAB VII	RENCANA SALURAN PEMBUANG.....	87
7.1	Perencanaan Saluran Pembuang yang Stabil.....	87
7.2	Rumus dan Kriteria Hidrolis.....	88
7.2.1	Rumus Aliran.....	88
7.2.2	Koefisien Kekasaran <i>Strickler</i>	88
7.2.3	Kecepatan Maksimum yang Diizinkan.....	89
7.2.4	Tinggi Muka Air.....	91
7.3	Potongan Melintang Saluran Pembuang.....	94
7.3.1	Geometri.....	94
7.3.2	Kemiringan Talut Saluran Pembuang.....	95
7.3.3	Lengkung Saluran Pembuang.....	95
7.3.4	Tinggi Jagaan.....	96
BAB VIII	PERENCANAAN SALURAN GENDONG.....	99
8.1	Gambaran Umum.....	99
8.2	Tata Cara dan Dasar Perhitungan.....	100
8.2.1	Metode Rasional.....	100
8.2.2	Metode Lama Hujan dan Frekuensi Hujan.....	102
8.2.3	Metode Hidrograf Komplek.....	104
8.3	Tata Cara dan Dasar Perhitungan.....	106
8.3.1	Standar Kapasitas Saluran Gendong.....	106
8.3.2	Karakteristik Saluran Gendong.....	106

8.3.3 Kelebihan dan Kelemahan Saluran Gendong	106
DAFTAR PUSTAKA	107
LAMPIRAN I KAPASITAS ANGKUTAN SEDIMEN	109
LAMPIRAN II PERENCANAAN PROFIL SALURAN	113
LAMPIRAN III	119
DAFTAR PERISTILAHAN IRIGASI	127

DAFTAR TABEL

Tabel 2-1. Sistem Kebutuhan Air	9
Tabel 3-1. Harga-Harga Kekasaran Koefisien <i>Strickler</i> (k) untuk Saluran-SaluranIrigasi Tanah	20
Tabel 3-2. Perbandingan Sistem <i>Unified USCS</i> dengan Sistem AASHTO.....	25
Tabel 3-3. Kemiringan Minimum Talut untuk Berbagai Bahan Tanah.....	27
Tabel 3-4. Kemiringan Talut Mnimum untuk Saluran Timbunan yang DipadatkandenganBaik.....	27
Tabel 3-5. Tinggi Jagaan Minimum untuk Saluran Tanah	29
Tabel 3-6. Lebar Minimum Tanggul	30
Tabel 4-1. Angka-Angka Hasil Pengukuran Rembesan	46
Tabel 4-2. Harga-Harga Koefisien Tanah Rembesan C.....	47
Tabel 4-3. Harga-Harga Kemiringan Talut untuk Saluran Pasangan	55
Tabel 4-4. Tinggi Jagaan untuk Saluran Pasangan.....	56
Tabel 5-1. Klasifikasi Tipe Terowongan	62
Tabel 5-2. Tabel Pasangan dari Beton dalam cm.....	65
Tabel 5-3. Kedalaman Minimum Penutup (m) pada Potongan Terowongan	66
Tabel 5-4. Harga-Harga Kecepatan Maksimum dan K (<i>Strickler</i>)	68
Tabel 5-5. Harga-Harga K_b untuk Siku	70
Tabel 6-1. Harga-Harga Koefisien Limpasan Air Hujan untuk Perhitungan Qd.....	82
Tabel 7-1. Koefisien Kekasaran <i>Strickler</i> untuk Saluran Pembuang	89
Tabel 7-2. Kecepatan Maksimum yang Diizinkan (oleh <i>Portier</i> dan <i>Scobey</i>)	92
Tabel 7-3. Kemiringan Talut Minimum untuk Saluran Pembuang.....	95
Tabel 7-4. Jari-Jari Lengkung untuk Saluran Pembuang Tanah.....	96
Tabel 8-1. Koefisien <i>Run off</i> (C) yang Digunakan untuk Luas Drainase Kurangdari 500 Ha	102
Tabel 8-2. Harga a dan b untuk Periode Ulang T pada Lokasi	102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3-1. Parameter Potongan Melintang	18
Gambar 3-2. Kecepatan-Kecepatan Dasar untuk Tanah Koheren (SCS)	22
Gambar 3-3. Faktor-Faktor Koreksi Terhadap Kecepatan Dasar (SCS)	23
Gambar 3-4. Tipe-Tipe Potongan Melintang Saluran Irigasi	30
Gambar 3-5. Bidang Gelincir pada Tebing Saluran	31
Gambar 3-6. Sempadan Saluran Irigasi Tak Bertanggul	32
Gambar 3-7. Sempadan Saluran Irigasi Bertanggul	33
Gambar 3-8. Sempadan Saluran Irigasi di Lereng.....	33
Gambar 3-9. Potongan Melintang Saluran Gendong dan Saluran Irigasi.....	34
Gambar 3-10. Tinggi Bangunan Sadap Tersier yang Diperlukan	38
Gambar 3-11. Denah dan Tipe Potongan Melintang Sipatan	44
Gambar 4-1. Potongan Saluran Lining <i>Ferrocement</i> Berbentuk Tapal Kuda	50
Gambar 4-2. Tipe-Tipe Pasangan Saluran.....	52
Gambar 5-1. Bentuk-Bentuk Potongan Melintang Terowongan	60
Gambar 5-2. Tipe-Tipe Potongan Melintang Terowongan	63
Gambar 5-3. Harga-Harga Koefisien Kehilangan Tinggi Energi Masuk dan Keluar	71
Gambar 5-4. Harga-Harga K_b untuk Tikungan 90^0 pada Saluran Tertutup (USBR).....	72
Gambar 5-5. Faktor Koreksi untuk Koefisien Kehilangan di Tikungan pada Saluran Tertutup.....	72
Gambar 6-1. Contoh Perhitungan Modulus Pembuang	78
Gambar 6-2. Faktor Pengurangan Luar Areal yang Dibuang Airnya.....	79
Gambar 7-1. Koefisien Koreksi untuk Berbagai Periode Ulang D.....	90
Gambar 7-2. Tipe-Tipe Potongan Melintang Saluran Pembuang.....	93
Gambar 7-3. Tinggi Jagaan untuk Saluran Pembuang (dari USBR)	97
Gambar 8-1. Potongan Melintang Saluran Gendong dan Saluran Irigasi.....	99
Gambar 8-2. Faktor Reduksi β dan Luas Areal Tangkapan Hujan	103
Gambar 8-3. Situasi Tata Jaringan Saluran Gendong yang Melalui Pemukiman atau Perkotaan dan Perbukitan	105

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Umum

Laporan Kriteria Perencanaan Saluran ini merupakan bagian dari Standar Perencanaan Irigasi dari Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. Kriteria Perencanaan Saluran hanya mencakup perencanaan jaringan saluran primer. Kriteria perencanaan untuk saluran kuartier dan tersier disajikan dalam Bagian KP - 05 Petak Tersier.

KP - 03 Kriteria Perencanaan Bagian Saluran terutama membahas masalah perencanaan saluran. Kriteria perencanaan saluran yang disajikan di sini sah (*valid*) untuk saluran gravitasi terbuka jaringan irigasi yang cocok untuk mengairi tanaman padi, yang umumnya merupakan tanaman pokok, maupun untuk budidaya tanaman-tanaman ladang (*tegalan*). Perbedaan besarnya kebutuhan air antara padi sawah dan tanaman ladang/*uplandcrop* merupakan perbedaan utama pada ketinggian jaringan utama. Namun demikian, metode-metode irigasi dan pembuangan air di sawah untuk padi dan tanaman-tanaman ladang berbeda dan kriteria perencanaan untuk petak-petak tersier juga akan berbeda; ini dibahas pada bagian KP - 05 Petak Tersier.

2 *Kriteria Perencanaan - Saluran*

BAB II

DATA PERENCANAAN IRIGASI

2.1 Data Topografi

Data – data topografi yang diperlukan atau harus dibuat adalah:

- (1) Peta topografi dengan garis-garis ketinggian dan tata letak jaringan irigasi dengan skala 1:25.000 dan 1:5.000;
- (2) Peta situasi trase saluran berskala 1:2.000 dengan garis-garis ketinggian pada interval 0,5 m untuk daerah datar dan 1,0 m untuk daerah berbukit-bukit;
- (3) Profil memanjang pada skala horizontal 1:2.000 dan skala vertikal 1:200 (atau skala 1:100 untuk saluran berkapasitas kecil bilamana diperlukan);
- (4) Potongan melintang pada skala horizontal dan vertikal 1:200 (atau 1:100 untuk saluran-saluran berkapasitas kecil) dengan interval 50 m untuk bagian lurus dan interval 25 m pada bagian tikungan;
- (5) Peta lokasi titik tetap/*benchmark*, termasuk deskripsi *benchmark*.

Penggunaan peta-peta foto udara dan foto (ortofoto dan peta garis) yang dilengkapi dengan garis ketinggian akan sangat besar artinya untuk perencanaan tata letak dari trase saluran. Peta-peta teristris masih diperlukan sebagai peta baku/peta dasar.

Perkembangan teknologi foto citra satelit kedepan dapat dipakai dan dimanfaatkan untuk melengkapi dan mempercepat proses perencanaan jaringan irigasi. Kombinasi antara informasi pengukuran teristris dan foto citra satelit akan dapat bersinergi dan saling melengkapi.

Kelebihan foto citra satelit dapat diperoleh secara luas dan beberapa jenis foto landsat mempunyai karakteristik khusus yang berbeda, sehingga banyak informasi lain yang dapat diperoleh antara lain dengan program/*software* yang dapat memproses garis kontur secara digital.

Foto-foto satelit ini bisa dipakai untuk studi awal, studi identifikasi dan studi pengenalan.

Kelemahan foto citra satelit tidak stereometris sehingga aspek beda tinggi kurang dapat diperoleh informasi detailnya tidak seperti pengukuran teristris, sedangkan dalam perencanaan irigasi presisi dalam pengukuran beda tinggi sangat penting. Meskipun demikian banyak informasi lain yang dapat dipakai sebagai pelengkap perencanaan jaringan irigasi antara lain sebagai *crosscheck* untuk perencanaan jaringan irigasi.

Data-data pengukuran topografi dan saluran yang disebutkan diatas merupakan data akhir untuk perencanaan detail saluran. Letak trase saluran sering baru dapat ditetapkan setelah membanding-bandingkan berbagai alternatif. Informasi yang diperoleh dari pengukuran trase saluran dapat dipakai untuk peninjauan trase pendahuluan, misalnya pemindahan as saluran atau perubahan tikungan saluran.

Letak as saluran pada silangan dengan saluran pembuang (alamiah) sering sulit ditentukan secara tepat dengan menggunakan peta topografi sebelum diadakan pengukuran saluran. Letak akhir bangunan utama dan bangunan silang tersebut hanya dapat ditentukan berdasarkan survei lapangan (dengan skala 1: 200 atau 1: 500).

Lokasi trase saluran garis tinggi akan lebih banyak dipengaruhi oleh keadaan topografi setempat daripada saluran yang mengikuti punggung medan.

Saluran – saluran sekunder sering mengikuti punggung medan. Pengukuran trase untuk saluran tipe ini dapat dibatasi sampai pada lebar 75 m yang memungkinkan penempatan as saluran dan perencanaan potongan melintang dengan baik. Untuk saluran garis tinggi, lebar profil yang serupa cukup untuk memberikan perencanaan detail. Akan tetapi, karena menentukan as saluran dari sebuah peta topografi sebelum pengukuran saluran lebih sulit, pengukuran peta trase umumnya ditentukan dengan as saluran yang ditentukan di lapangan.

2.2 Kapasitas Rencana

2.2.1 Debit Rencana

Debit rencana sebuah saluran dihitung dengan rumus umum berikut :

$$Q = \frac{c \text{ NFR } A}{e} \dots\dots\dots 2-1$$

- Dimana :
- Q = Debit rencana, ltr/dt
 - c = Koefisien pengurangan karena adanya sistem golongan,
(lihat Subbab 2.2.4)
 - NFR = Kebutuhan bersih (*netto*) air di sawah, ltr/dt/ha
 - A = Luas daerah yang diairi, ha
 - e = Efisiensi irigasi secara keseluruhan.

Jika air yang dialirkan oleh jaringan juga untuk keperluan selain irigasi, maka debit rencana harus ditambah dengan jumlah yang dibutuhkan untuk keperluan itu, dengan memperhitungkan efisiensi pengaliran. Kebutuhan air lain selain untuk irigasi yaitu kebutuhan air untuk tambak atau kolam, industri maupun air minum yang diambil dari saluran irigasi.

"Lengkung Kapasitas Tegal" yang dipakai sejak tahun 1891, tidak lagi digunakan untuk perencanaan kapasitas saluran irigasi. Alasannya adalah:

- sekarang telah ada metode perhitungan kebutuhan air di sawah yang secara lebih tepat memberikan kapasitas bangunan sadap tersier jika dipakai bersama-sama dengan angka-angka efisiensi di tingkat tersier.
- pengurangan kapasitas saluran yang harus mengairi areal seluas lebih dari 142 ha, sekarang digabungkan dalam efisiensi pengaliran. Pengurangan kapasitas yang diasumsikan oleh Lengkung Tegal adalah 20% untuk areal yang ditanami tebu dan 5% untuk daerah yang tidak ditanami tebu. Persentase pengurangan ini dapat dicapai jika saluran mengairi daerah seluas 710 ha atau lebih. Untuk areal seluas antara 710 ha dan 142 ha koefisien pengurangan akan turun secara linier sampai 0.

2.2.2 Kebutuhan Air Di Sawah

Kebutuhan air di sawah untuk padi ditentukan oleh faktor – faktor berikut:

1. cara penyiapan lahan
2. kebutuhan air untuk tanaman
3. perkolasi dan rembesan
4. pergantian lapisan air, dan
5. curah hujan efektif.

Kebutuhan total air di sawah (GFR) mencakup faktor 1 sampai 4. Kebutuhan bersih (*netto*) air di sawah (NFR) juga memperhitungkan curah hujan efektif.

Besarnya kebutuhan air di sawah bervariasi menurut tahap pertumbuhan tanaman dan bergantung kepada cara pengolahan lahan. Besarnya kebutuhan air di sawah dinyatakan dalam mm/hari.

Besarnya kebutuhan air irigasi pada lahan rawa perlu dilakukan perhitungan secara khusus mengingat asumsi besaran komponen kebutuhan air pada lahan rawa berbeda dengan sawah biasa.

Besarnya kebutuhan air di sawah untuk tanaman ladang dihitung seperti pada perhitungan kebutuhan air untuk padi. Ada berbagai harga yang dapat diterapkan untuk kelima faktor diatas.

Mengantisipasi ketersediaan air yang semakin terbatas maka perlu dicari terus cara budidaya tanaman padi yang mengarah pada penghematan konsumsi air. Cara pemberian air terputus/berkala (*intermittent irrigation*) memang terbukti efektif dilapangan dalam usaha hemat air, namun mengandung kelemahan dalam membatasi pertumbuhan rumput. Beberapa metode lain salah satunya metode “*System of Rice Intensification (SRI)*” yang ditawarkan dapat dipertimbangkan. Sistem pemberian air terputus/berkala sesuai untuk daerah dengan debit tersedia aktual lebih rendah dari debit andalan 80%.

Metode ini direkomendasi untuk dijadikan dasar perhitungan kebutuhan air, apabila memenuhi kondisi berikut ini:

- dapat diterima oleh petani

- sumberdaya manusia dan modal tersedia
- ketersediaan pupuk mencukupi
- ketersediaan air terbatas

Uraian terinci mengenai kebutuhan air di sawah serta cara perhitungannya diberikan dalam KP- 01 Perencanaan Jaringan Irigasi; Lampiran II.

2.2.3 Efisiensi

Untuk tujuan-tujuan perencanaan, dianggap bahwa seperlima sampai seperempat dari jumlah air yang diambil akan hilang sebelum air itu sampai di sawah. Kehilangan ini disebabkan oleh kegiatan eksploitasi, evaporasi dan perembesan. Kehilangan akibat evaporasi dan perembesan umumnya kecil saja jika dibandingkan dengan jumlah kehilangan akibat kegiatan eksploitasi. Penghitungan rembesan hanya dilakukan apabila kelulusan tanah cukup tinggi.

Pemakaian air hendaknya diusahakan seefisien mungkin, terutama untuk daerah dengan ketersediaan air yang terbatas. Kehilangan-kehilangan air dapat diminimalkan melalui :

1. Perbaiki sistem pengelolaan air :
 - Sisi operasional dan pemeliharaan (O&P) yang baik
 - Efisiensi operasional pintu
 - Pemberdayaan petugas (O&P)
 - Penguatan institusi (O&P)
 - Meminimalkan pengambilan air tanpa ijin
 - Partisipasi P3A
2. Perbaiki fisik prasarana irigasi :
 - Mengurangi kebocoran disepanjang saluran
 - Meminimalkan penguapan
 - Menciptakan sistem irigasi yang andal, berkelanjutan, diterima petani

Pada umumnya kehilangan air di jaringan irigasi dapat dibagi-bagi sebagai berikut :

- 12,5 - 20 % di petak tersier, antara bangunan sadap tersier dan sawah
- 5 - 10 % di saluran sekunder
- 5 - 10 % di saluran utama

Besaran angka kehilangan di jaringan irigasi jika perlu didukung dengan hasil penelitian & penyelidikan. Dalam hal waktu, tenaga dan biaya tidak tersedia maka besaran kehilangan air irigasi bisa didekati dengan alternatif pilihan sebagai berikut :

- Memakai angka penelitian kehilangan air irigasi didaerah irigasi lain yang mempunyai karakteristik yang sejenis
- Angka kehilangan air irigasi praktis yang sudah diterapkan pada daerah irigasi terdekat

Efisiensi secara keseluruhan (total) dihitung sebagai berikut :

efisiensi jaringan tersier (e_t) x efisiensi jaringan sekunder (C_s) x efisiensi jaringan primer (e_p), dan antara 0,65- 0,79. Oleh karena itu kebutuhan bersih air di sawah (NFR) harus dibagi e untuk memperoleh jumlah air yang dibutuhkan di bangunan pengambilan dari sungai. Faktor-faktor efisiensi yang diterapkan untuk perhitungan saluran disajikan pada Tabel 2-1.

Tabel 2-1. Sistem Kebutuhan Air

Tingkat	Kebutuhan Air	Satuan
Sawah Petak Tersier	NFR (Kebutuhan bersih air di sawah) TOR (kebutuhan air di bangunan sadap tersier)	(l/dt/ha)
	$(NFR \times \text{luas daerah}) \times \frac{1}{e_1}$	(l/dt)
Petak Sekunder	SOR (kebutuhan air di bangunan sadap sekunder) $\Sigma \text{TOT} \times \frac{1}{c_3}$	(l/dt atau m ³ /dt)
Petak Primer	MOR (Kebutuhan air di bangunan sadap primer) $\Sigma \text{TOR} \text{ mc} \times \frac{1}{e_p}$	(l/dt atau m ³ /dt)
Bendung	DR (kebutuhan diversifikasi) MOR sisi kiri dan MOR sisi kanan	m ³ /dt

TORmc: Kebutuhan air di bangunan sadap tersier untuk petak-petak tersier di sepanjang saluran primer.

Kehilangan yang sebenarnya di dalam jaringan bisa jauh lebih tinggi, dan efisiensi yang sebenarnya yang berkisar antara 30 sampai 40 % kadang-kadang lebih realistis, apalagi pada waktu-waktu kebutuhan air rendah. Walaupun demikian, tidak disarankan untuk merencanakan jaringan saluran dengan efisiensi yang rendah itu. Setelah beberapa tahun diharapkan efisiensi akan dapat dicapai.

Keseluruhan efisiensi irigasi yang disebutkan diatas, dapat dipakai pada proyek-proyek irigasi yang sumber airnya terbatas dengan luas daerah yang diairi sampai 10.000 ha. Harga-harga efisiensi yang lebih tinggi (sampai maksimum 75 %) dapat diambil untuk proyek-proyek irigasi yang sangat kecil atau proyek irigasi yang airnya diambil dari waduk yang dikelola dengan baik.

Di daerah yang baru dikembangkan. yang sebelumnya tidak ditanami padi, dalam tempo 3 - 4 tahun pertama kebutuhan air di sawah akan lebih tinggi

daripada kebutuhan air di masa-masa sesudah itu. Kebutuhan air di sawah bisa menjadi 3 sampai 4 kali lebih tinggi daripada yang direncanakan, ini untuk menstabilkan keadaan tanah itu.

Dalam hal-hal seperti ini, kapasitas rencana saluran harus didasarkan pada kebutuhan air maksimum dan pelaksanaan proyek itu harus dilakukan secara bertahap.

Oleh sebab itu, luas daerah irigasi harus didasarkan pada kapasitas jaringan saluran dan akan diperluas setelah kebutuhan air di sawah berkurang.

Untuk daerah irigasi yang besar, kehilangan-kehilangan air akibat perembesan dan evaporasi sebaiknya dihitung secara terpisah dan kehilangan – kehilangan lain harus diperkirakan.

2.2.4 Rotasi Teknis (Sistem golongan)

Keuntungan-keuntungan yang dapat diperoleh dari sistem golongan teknis adalah :

- Berkurangnya kebutuhan pengambilan puncak (koefisien pengurangan rotasi)
- Kebutuhan pengambilan bertambah secara berangsur-angsur pada awal waktu pemberian air irigasi (pada periode penyiapan lahan), seiring dengan makin bertambahnya debit sungai; kebutuhan pengambilan puncak dapat ditunda.

Sedangkan hal-hal yang tidak menguntungkan adalah:

- Timbulnya komplikasi sosial
- Operasional lebih rumit
- Kehilangan air akibat eksploitasi sedikit lebih tinggi, dan
- Jangka waktu irigasi untuk tanaman pertama lebih lama, akibatnya lebih sedikit waktu tersedia untuk tanaman kedua.

Agar kebutuhan pengambilan puncak dapat dikurangi, maka areal irigasi harus dibagi-bagi menjadi sekurang-kurangnya tiga atau empat golongan dan tidak lebih dari 5 atau 6 golongan. Dengan sendirinya hal ini agak mempersulit eksploitasi jaringan irigasi. Lagi pula usaha pengurangan debit puncak mengharuskan diperkenalkannya sistem rotasi.

Karena alasan-alasan diatas, biasanya untuk proyek irigasi tertentu yang mencakup daerah yang bisa diairi seluas 10.000 ha dan mengambil air langsung dari sungai, tidak ada pengurangan debit rencana (koefisien pengurangan $c = 1$). Pada jaringan yang telah ada, faktor pengurangan $c < 1$ mungkin dipakai sesuai dengan pengalaman O & P. Lihat juga KP - 01, Lampiran 2.

2.3 Data Geoteknik

Hal utama yang harus diperhatikan dalam perencanaan saluran adalah stabilitas tanggul, kemiringan talut galian serta rembesan ke dan dari saluran. Data tanah yang diperoleh dari hasil penyelidikan tanah pertanian akan memberikan petunjuk umum mengenai sifat-sifat tanah di daerah trase saluran yang direncanakan.

Perhatian khusus harus diberikan kepada daerah - daerah yang mengandung :

- **Batu singkapan**, karena rawan terhadap dislokasi dan kebocoran atau laju resapan yang tinggi.
- **Lempung tak stabil dengan plastisitas tinggi**, karena pada tanah lempung dengan diameter butir yang halus variasi kadar air sangat mempengaruhi plastisitas tanah, disamping itu pada tanah lempung dengan kandungan mineral *Montmorillonite* merupakan tanah yang ekspansif, sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air.
- **Tanah gambut dan bahan – bahan organik**, karena merupakan tanah yang tidak stabil, rawan terhadap proses pelapukan biologis yang berpotensi merubah struktur kimia dan merubah volume tanah akibat proses pembusukan/pelapukan.
- **Pasir dan kerikil**, karena mempunyai koefisien permeabilitas yang tinggi dan sifat saling ikat antar butir (kohesi) yang lemah sehingga rawan terhadap terjadinya rembesan yang besar serta erosi atau gerusan (*scouring*).
- **Tanah (bahan) timbunan**, karena masih berpotensi besar terjadinya proses konsolidasi lanjut sehingga masih terjadi settlement lanjutan oleh karena itu dalam pelaksanaan kualitas hasil pemadatan perlu diperhatikan. Tanah (bahan) timbunan yang digunakan harus sesuai dengan kriteria bahan timbunan yang ada.

- **Muka air tanah**, karena muka air tanah yang dalam akan mempunyai kecenderungan menyebabkan kehilangan air yang besar.
- **Formasi batuan kapur/limestone**, karena punya kecenderungan larut dalam air sehingga akan menyebabkan kehilangan air besar dan tanah menjadi keropos.

Pengujian gradasi dan batas cair terhadap bahan-bahan sampel pada umumnya akan menghasilkan klasifikasi yang memadai untuk perencanaan talut galian dan timbunan. Untuk talut yang tinggi (lebih dari 5 m) diperlukan analisis yang mendetail mengenai sifat-sifat tanah. Klasifikasi menurut *Unified Soil Classification USBR* akan memberikan data - data yang diperlukan untuk perencanaan saluran. Klasifikasi ini disajikan pada Tabel A.3.1, Lampiran 3, termasuk batas-batas *Atterberg*.

Sumuran uji untuk pengambilan sampel dengan bor tangan, yang digali sampai kedalaman tertentu dibawah ketinggian dasar saluran, harus dibuat dengan interval minimal 0,5 m. Interval ini harus dikurangi jika tanah pada trase itu sangat bervariasi. Pemeriksaan visual dan tes kelulusan juga harus dilakukan, jika memang perlu Persyaratan Teknis untuk Penyelidikan Geoteknik (PT - 03) memberikan uraian yang lebih terinci tentang hal ini, dan harus dipakai untuk menentukan data yang akan dikumpulkan di lapangan.

Pengujian tanah di lokasi bangunan saluran pada umumnya akan menambah informasi mengenai sifat-sifat tanah di dalam trase saluran.

2.4 Data Sedimen

Data sedimen terutama diperlukan untuk perencanaan jaringan pengambilan di sungai, kantong lumpur dan bangunan penggelontor sedimen pada lokasi persilangan saluran dengan sungai. Bangunan pengambilan dan kantong lumpur akan direncanakan agar mampu mencegah masuknya sedimen kasar ($> 0,088\text{mm}$) ke dalam jaringan saluran. Pada ruas saluran kantong lumpur ini sedimen diijinkan mengendap dan dikuras melewati pintu secara periodik.

Untuk perencanaan saluran irigasi yang mantap kita harus mengetahui konsentrasi sedimen dan pembagian (distribusi) ukuran butirnya. Data-data ini akan menentukan faktor-faktor untuk perencanaan kemiringan saluran dan potongan melintang yang mantap, dimana sedimentasi dan erosi harus tetap berimbang dan terbatas.

Faktor yang menyulitkan mengendapkan sedimen di kantong lumpur adalah keanekaragaman dalam hal waktu dan jumlah sedimen di sungai. Selama aliran rendah konsentrasi kandungan sedimen kecil, dan selama debit puncak konsentrasi kandungan sedimen meninggi. Perubahan-perubahan ini tidak dihubungkan dengan variasi dalam kebutuhan air irigasi. Pola yang dominan tidak dapat diramalkan.

Lebih-lebih lagi, data sedimen untuk kebanyakan sungai hampir tidak tersedia, atau hanya meliputi data - data hasil pengamatan yang diadakan secara insidental. Selanjutnya pemilihan kondisi rencana hanya merupakan taksiran dari kondisi yang sebenarnya.

Dan tatacara pengambilan sedimen melayang di sungai dengan cara integrasi kedalaman berdasarkan pembagian debit sesuai SNI 3414 – 2008. Untuk memperoleh distribusi butir dari sedimen melayang dalam air dengan menggunakan metode gravimetri sesuai Sk SNI – M-31-1991 -03.

Selanjutnya lihat KP-02 Bangunan Utama. Apabila volume sedimen setahun dibagi luas dasar seluruh saluran max 0,5 % dari kedalaman air maka tidak dibutuhkan kantong lumpur. Untuk keperluan perhitungan tersebut diperlukan penyelidikan terhadap sedimen di sungai, jika hal ini tidak dapat dilakukan maka dapat diasumsikan jumlah sedimen sebesar 0,5 % dari volume air yang masuk.

Jika karena keterbatasan waktu dan biaya sehingga tidak dapat dilakukan penyelidikan terhadap sedimen maka diasumsikan batas endapan yang ditangkap diperbesar menjadi (0,088) mm (ayakan no. 140) yaitu batas silt dan pasir halus, dengan syarat di saluran harus dilengkapi dengan sedimen *excluder* yang kemudian dibuang lagi ke sungai yang bersilangan dengan saluran.

BAB III

SALURAN TANAH TANPA PASANGAN

Sistem irigasi di Indonesia secara umum menerapkan saluran irigasi tanpa pasangan sejauh secara teknis bisa dipertanggung jawabkan.

Pada ruas tertentu jika keadaan tidak memungkinkan dapat digunakan saluran pasangan.

3.1 Tahap Studi

Untuk pengaliran air irigasi, saluran berpenampang trapesium tanpa pasangan adalah bangunan pembawa yang paling umum dipakai dan ekonomis. Perencanaan saluran harus memberikan penyelesaian biaya pelaksanaan dan pemeliharaan yang paling rendah. Erosi dan sedimentasi di setiap potongan melintang harus minimal dan berimbang sepanjang tahun. Ruas-ruas saluran harus mantap.

Sedimentasi (pengendapan) di dalam saluran dapat terjadi apabila kapasitas angkut sedimennya berkurang. Dengan menurunnya kapasitas debit di bagian hilir dari jaringan saluran, adalah penting untuk menjaga agar kapasitas angkutan sedimen per satuan debit (kapasitas angkutan sedimen relatif) tetap sama atau sedikit lebih besar.

Sedimen yang memasuki jaringan saluran biasanya hanya mengandung partikel – partikel lempung dan lanau melayang saja (lempung dan lanau dengan $d < 0,088\text{mm}$). Partikel-partikel yang lebih besar, kalau terdapat di dalam air irigasi, akan tertangkap di kantong lumpur di bangunan utama.

Kantong lumpur harus dibuat jika jumlah sedimen yang masuk ke dalam jaringan saluran dalam setahun yang tidak terangkut ke sawah (partikel yang lebih besar dari $0,088\text{mm}$), lebih dari 5 % dari kedalaman air di seluruh jaringan saluran. Jadi, volume sedimen adalah 5 % dari kedalaman air kali lebar dasar saluran kali panjang total saluran.

Gaya erosi diukur dengan gaya geser yang ditimbulkan oleh air di dasar dan lereng saluran. Untuk mencegah terjadinya erosi pada potongan melintang gaya geser ini harus tetap dibawah batas kritis.

Dalam Kriteria Perencanaan ini, dipakai kecepatan aliran dengan harga-harga maksimum yang diizinkan, bukan gaya geser, sebagai parameter untuk gaya erosi. Untuk perencanaan hidrolis sebuah saluran, ada dua parameter pokok yang harus ditentukan apabila kapasitas rencana yang diperlukan sudah diketahui, yaitu :

- perbandingan kedalaman air dengan lebar dasar
- kemiringan memanjang saluran

Rumus aliran hidrolis menentukan hubungan antara potongan melintang dan kemiringan memanjang. Sebagai tambahan, perencanaan harus mengikuti kriteria angkutan sedimen dan erosi.

Persyaratan untuk angkutan sedimen dan air membatasi kebebasan untuk memilih parameter-parameter diatas.

Ruas saluran di dekat bangunan utama menentukan persyaratan pengangkutan sedimen ruas-ruas saluran lebih jauh ke hilir pada jaringan itu. Untuk mencegah sedimentasi, ruas saluran hilir harus direncana dengan kapasitas angkut sedimen relatif yang paling tidak, sama dengan ruas hulu. Di lain pihak gaya erosi harus tetap dibawah batas kritis untuk semua ruas saluran di jaringan tersebut.

Untuk perencanaan saluran, ada tiga keadaan yang harus dibedakan sehubungan dengan terdapatnya sedimen dalam air irigasi dan bahan tanggul yaitu :

1. Aliran irigasi tanpa sedimen di saluran tanah
2. Air irigasi bersedimen di saluran pasangan
3. Aliran irigasi bersedimen di saluran tanah

3.1.1 Aliran Irigasi Tanpa Sedimen di Saluran Tanah

Keadaan ini akan terjadi bila air diambil dari waduk secara langsung. Perencanaan saluran sekarang banyak dipengaruhi oleh kriteria erosi dan dengan demikian oleh

kecepatan maksimum aliran yang diizinkan. Besarnya kecepatan ini bergantung kepada bahan permukaan saluran.

3.1.2 Air Irigasi Bersedimen di Saluran Pasangan

Perencanaan saluran dipengaruhi oleh persyaratan pengangkutan sedimen melalui jaringan dan dengan demikian kriteria angkutan sedimen mempengaruhi perencanaan; untuk lebih jelasnya lihat Bab 4.

3.1.3 Aliran Irigasi Bersedimen di Saluran Tanah

Masalah sedimen dan saluran tanah adalah situasi yang paling umum dijumpai dalam pelaksanaan irigasi di Indonesia. Kini perencanaan irigasi sangat dipengaruhi oleh kriteria erosi dan angkutan sedimen.

Biasanya sedimentasi memainkan peranan penting dalam perencanaan saluran primer. Saluran ini sering direncana sebagai saluran garis tinggi dengan kemiringan dasar yang terbatas. Saluran sekunder yang dicabangkan dari saluran primer dan mengikuti punggung sering mempunyai kemiringan dasar sedang dan dengan demikian kapasitas angkut sedimen relatif lebih tinggi, sehingga kriteria erosi bisa menjadi faktor pembatas.

3.2 Rumus dan Kriteria Hidrolis

3.2.1 Rumus Aliran

Untuk perencanaan ruas, aliran saluran dianggap sebagai aliran tetap, dan untuk itu diterapkan rumus *Strickler*.

$$v = k R^{2/3} I^{1/2} \dots\dots\dots 3-1$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$A = (b + mh)h$$

$$P = (b + 2h\sqrt{1 + m^2})$$

$$Q = v \times A$$

$$b = n \times h$$

Dimana :

$$Q = \text{debit saluran, m}^3/\text{dt}$$

$$v = \text{kecepatan aliran, m/dt}$$

$$A = \text{potongan melintang aliran, m}^2$$

$$R = \text{jari - jari hidrolis, m}$$

$$P = \text{keliling basah, m}$$

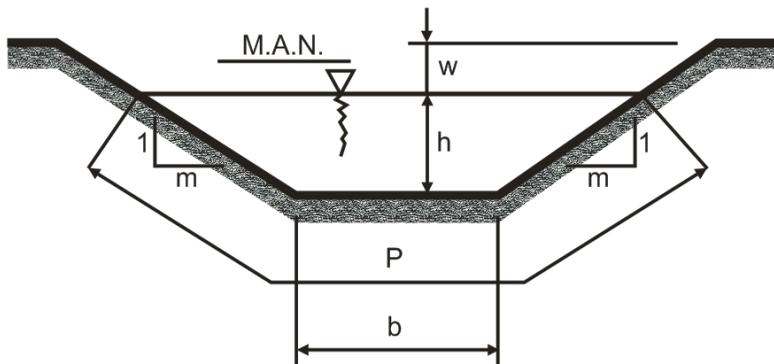
$$b = \text{lebar dasar, m}$$

$$h = \text{tinggi air, m}$$

$$I = \text{kemiringan energi (kemiringan saluran)}$$

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

$$m = \text{kemiringan talut (1 vertikal : m horizontal)}$$



Gambar 3-1. Parameter Potongan Melintang

Rumus aliran diatas juga dikenal sebagai rumus *Manning*. Koefisien kekasaran *Manning* (n) mempunyai harga bilangan 1 dibagi dengan k .

3.2.2 Koefisien Kekasaran Strickler

Koefisien kekasaran bergantung kepada faktor – faktor berikut :

- Kekasaran permukaan saluran
- Ketidakteraturan permukaan saluran
- Trase
- Vegetasi (tetumbuhan), dan
- Sedimen

Bentuk dan besar/kecilnya partikel di permukaan saluran merupakan ukuran kekasaran. Akan tetapi, untuk saluran tanah ini hanya merupakan bagian kecil saja dari kekasaran total.

Pada saluran irigasi, ketidakteraturan permukaan yang menyebabkan perubahan dalam keliling basah dan potongan melintang mempunyai pengaruh yang lebih penting pada koefisien kekasaran saluran daripada kekasaran permukaan.

Perubahan-perubahan mendadak pada permukaan saluran akan memperbesar koefisien kekasaran. Perubahan-perubahan ini dapat disebabkan oleh penyelesaian konstruksi saluran yang jelek atau karena erosi pada talut saluran. Terjadinya riak-riak di dasar saluran akibat interaksi aliran di perbatasannya juga berpengaruh terhadap kekasaran saluran.

Pengaruh vegetasi terhadap resistensi sudah jelas panjang dan kerapatan vegetasi adalah faktor-faktor yang menentukan. Akan tetapi tinggi air dan kecepatan aliran sangat membatasi pertumbuhan vegetasi. Vegetasi diandaikan minimal untuk harga-harga k yang dipilih dan dipakai dalam perencanaan saluran.

Pengaruh trase saluran terhadap koefisien kekasaran dapat diabaikan, karena dalam perencanaan saluran tanpa pasangan akan dipakai tikungan berjari-jari besar.

Pengaruh faktor-faktor diatas terhadap koefisien kekasaran saluran akan bervariasi menurut ukuran saluran. Ketidakteraturan pada permukaan akan menyebabkan perubahan kecil di daerah potongan melintang di saluran yang besar daripada di saluran kecil.

Koefisien-koefisien kekasaran untuk perencanaan saluran irigasi disajikan pada Tabel 3-1.

Apakah harga-harga itu akan merupakan harga-harga fisik yang sebenarnya selama kegiatan operasi, hal ini sangat tergantung pada kondisi pemeliharaan saluran.

Penghalusan permukaan saluran dan menjaga agar saluran bebas dari vegetasi lewat pemeliharaan rutin akan sangat berpengaruh pada koefisien kekasaran dan kapasitas debit saluran.

Tabel 3-1. Harga-Harga Kekasaran Koefisien *Strickler*(*k*) untuk Saluran-Saluran Irigasi Tanah

Debit Rencana m^3/dt	k $m^{1/3}/dt$
$Q > 10$	45,0
$5 < Q < 10$	42,5
$1 < Q < 5$	40,0
$Q < 1$ dan saluran tersier	35,0

3.2.3 Sedimentasi

Kecepatan minimum yang diizinkan adalah kecepatan terendah yang tidak akan menyebabkan pengendapan partikel dengan diameter maksimum yang diizinkan (0,088 mm).

Tetapi secara kuantitas baru sedikit yang diketahui mengenai hubungan antara karakteristik aliran dan sedimen yang ada. Untuk perencanaan saluran irigasi yang mengangkut sedimen, aturan perencanaan yang terbaik adalah menjaga agar kapasitas angkutan sedimen per satuan debit masing-masing ruas saluran di sebelah hilir setidaknya-tidaknya konstan.

Dengan berdasarkan rumus angkutan sedimen *Einstein-Brown* dan *Englund Hansen*, maka kriteria ini akan mengacu kepada $V\sqrt{h}$ yang konstan (lihat Lampiran 1).

Karena rumus-rumus ini dihubungkan dengan saluran yang relatif lebar, dianjurkan agar harga $V\sqrt{h}$ bertambah besar ke arah hilir guna mengkompensasi pengaruh yang

ditimbulkan oleh kemiringan talut saluran. Ini menghasilkan kriteria bahwa $I\sqrt{R}$ adalah konstan atau makin besar ke arah hilir. Kecuali pada penggal saluran sebelah hulu bangunan pengeluar sedimen (*sediment excluder*).

Profil saluran yang didasarkan pada rumus *Haringhuizen* (yang disadur dari teori regim sungai) kurang lebih mengikuti kriteria $I\sqrt{R}$ konstan.

Jika diikuti kriteria $I\sqrt{R}$ konstan, sedimentasi terutama akan terjadi pada ruas hulu jaringan saluran. Biasanya jaringan saluran akan direncana dilengkapi dengan kantong lumpur atau *excluder* (bangunan penangkap sedimen kasar yang mengalir didasar saluran) yang dibangun dekat dengan bangunan pengambilan di sungai.

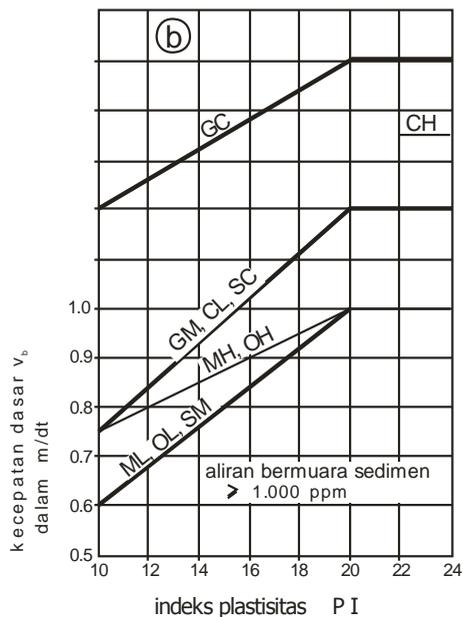
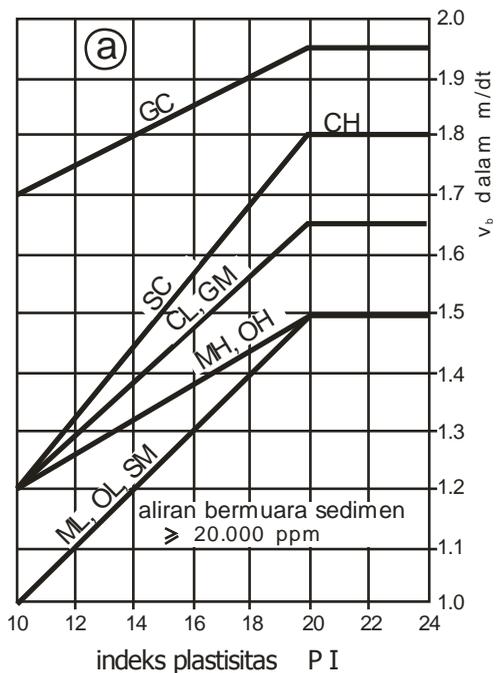
Jika semua persyaratan telah dipenuhi, bangunan ini akan memberikan harga $I\sqrt{R}$ untuk jaringan saluran hilir.

3.2.4 Erosi

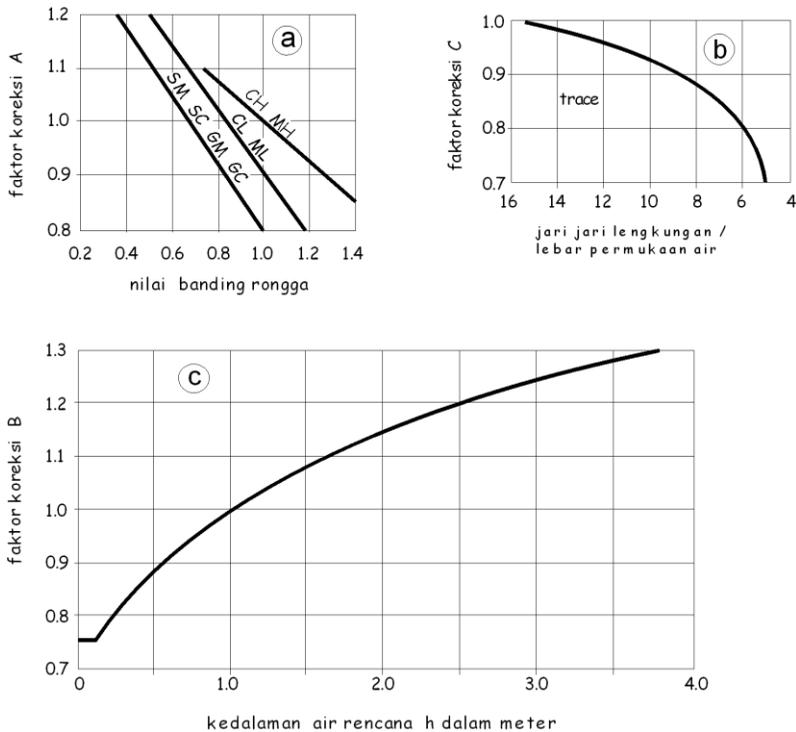
Kecepatan maksimum yang diizinkan adalah kecepatan aliran (rata-rata) maksimum yang tidak akan menyebabkan erosi di permukaan saluran. Konsep itu didasarkan pada hasil riset yang diadakan oleh *US Soil Conservation Service* (USDA - SCS, *Design of Open Channels*, 1977) dan hanya memerlukan sedikit saja data lapangan seperti klasifikasi tanah (*UnifiedSystem*), indeks plastisitas dan angka pori.

Kecepatan maksimum yang diizinkan ditentukan dalam dua langkah:

1. Penetapan kecepatan dasar (V_b) untuk saluran lurus dengan ketinggian air 1 m seperti pada Gambar 3-2 ; V_b adalah 0,6 m/dt untuk harga – harga PI yang lebih rendah dari 10.
2. Penentuan faktor koreksi pada V_b untuk lengkung saluran, berbagai ketinggian air dan angka pori seperti tampak pada Gambar 3-3.



Gambar 3-2. Kecepatan-Kecepatan Dasar untuk Tanah Koheren (SCS)



Gambar 3-3. Faktor-Faktor Koreksi Terhadap Kecepatan Dasar (SCS)

$$V_{maks} = V_b \times A \times B \times C \dots\dots\dots 3-2$$

dimana :

- V_{maks} = kecepatan maksimum yang diizinkan, m/dt
- V_b = kecepatan dasar, m/dt
- A = faktor koreksi untuk angka pori permukaan saluran
- B = faktor koreksi untuk kedalaman air
- C = faktor koreksi untuk lengkung

Dan kecepatan dasar yang diizinkan $V_{ba} = V_b \times A$

Kecepatan dasar dipengaruhi oleh konsentrasi bahan layang di dalam air. Pada Gambar 3-2. dibedakan adanya dua keadaan :

- Air bebas sedimen dengan konsentrasi kurang dari 1.000ppm sedimen layang. Konsentrasi bahan-bahan yang melayang dianggap sangat rendah sehingga tidak

berpengaruh terhadap stabilitas saluran.

- Air bersedimen dengan konsentrasi lebih dari 20.000ppm sedimen layang. Konsentrasi yang tinggi ini akan menambah kemantapan batas akibat terganggunya bahan yang terkikis atau tertutupnya saluran.

Harga-harga V_b diperlihatkan pada Gambar 3-2. untuk bahan-bahan tanah yang diklasifikasi oleh “*Unified Soil Classification System*”.

Kecepatan dasar untuk muatan sedimen antara 1.000 dan 20.000ppm dapat diketemukan dengan interpolasi dari Gambar 3-2. Akan tetapi, perlu dicatat bahwa pada umumnya air irigasi digolongkan dalam "aliran bebas sedimen" dalam klasifikasi yang dipakai di sini.

Faktor-faktor koreksi saluran adalah:

- faktor koreksi tinggi air B pada Gambar 3-3 yang menunjukkan bahwa saluran yang lebih dalam menyebabkan kecepatan yang relatif lebih rendah di sepanjang batas saluran.
- faktor koreksi lengkung C pada Gambar 3-3 yang merupakan kompensasi untuk gaya erosi aliran melingkar (*spiral flow*) yang disebabkan oleh lengkung-lengkung pada alur. Untuk saluran dengan lengkung-lengkung yang tajam, pemberian pasangan pada tanggul luar bisa lebih ekonomis daripada menurunkan kecepatan rata-rata.

Apabila data yang tersedia dilapangan tidak dalam sistem USCS maka diperlukan adanya tambahan informasi konversi dari sistem USCS ke sistem klasifikasi yang lain, dengan demikian tidak perlu dilakukan tes tanah yang baru. Berikut ini adalah konversi klasifikasi dari USCS ke dalam klasifikasi AASHTO, jika data yang tersedia dalam bentuk klasifikasi AASHTO.

Tabel 3-2. Perbandingan Sistem *Unified* USCS dengan Sistem AASHTO

Kelompok Tanah Sistem Unified	Kelompok tanah yang sebanding dengan sistem AASHTO		
	Sangat Mungkin	Mungkin	Kemungkinan Kecil
GW	A-1-a	-	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7
GP	A-1-a	A-1-b	A-3, A-2-4, A-2-5, A-2-6 A-2-7
GM	A-1-b, A-2-4 A-2-5, A-2-7	A-2-6	A-4, A-5, A-6, A-7-5, A-7-6, A-1-a
GC	A-2-6, A-2-7	A-2-4, A-6	A-4, A-7-6, A-7-5
SW	A-1-b	A-1-a	A-3, A-2-4 A-2-5, A-2-6 A-2-7
SP	A-3, A-1-b	A-1-a	A-2-4, A-2-5 A-2-6, A-2-7
SM	A-1-b, A-2-4 A-2-5, A-2-7	A-2-6, A-4 A-5	A-6, A-7-6 A-7-6, A-1-a
SC	A-2-6, A-2-7	A-2-4, A-6 A-4, A-7-6	A-7-5
ML	A-4, A-5	A-6, A-7-5	-
CL	A-6, A-7-6	A-4	-
OL	A-4, A-5	A-6, A-7-5 A-7-6	-
MH	A-7-5, A-5	-	A-7-6
CH	A-7-6	A-7-5	-
OH	A-7-5, A-5	-	A-7-6
Pt	-	-	-

3.3 Potongan Melintang Saluran

3.3.1 Geometri

Untuk mengalirkan air dengan penampang basah sekecil mungkin, potongan melintang yang berbentuk setengah lingkaran adalah yang terbaik.

Usaha untuk mendapatkan bentuk yang ideal dari segi hidrolis dengan saluran tanah berbentuk trapesium, akan cenderung menghasilkan potongan melintang yang terlalu dalam atau sempit. Hanya pada saluran dengan debit rencana sampai dengan $0,5 \text{ m}^3/\text{dt}$ saja yang potongan melintangnya dapat mendekati bentuk setengah lingkaran. Saluran dengan debit rencana yang tinggi pada umumnya lebar dan dangkal dengan perbandingan b/h (n) sampai 10 atau lebih.

Harga n yang tinggi untuk debit-debit yang lebih besar adalah perlu, sebab jika tidak, kecepatan rencana akan melebihi batas kecepatan maksimum yang diizinkan. Lebih-lebih lagi, saluran yang lebih lebar mempunyai variasi muka air sedikit saja dengan debit yang berubah-ubah, dan ini mempermudah pembagian air. Pada saluran yang lebar, efek erosi atau pengikisan talut saluran tidak terlalu berakibat serius terhadap kapasitas debit. Dan karena ketinggian air yang terbatas, kestabilan talut dapat diperoleh tanpa memerlukan bahu (*berm*) tambahan.

Kerugian utama dari saluran yang lebar dan dangkal adalah persyaratan pembebasan tanah dan penggaliannya lebih tinggi, dan dengan demikian biaya pelaksanaannya secara umum lebih mahal.

Lampiran 2, Tabel A.2.1 memberikan harga-harga m , n dan k untuk perencanaan saluran.

3.3.2 Kemiringan Saluran

Untuk menekan biaya pembebasan tanah dan penggalian, talut saluran direncanakan seukuram mungkin. Bahan tanah, kedalaman saluran dan terjadinya rembesan akan menentukan kemiringan maksimum untuk talut yang stabil.

Kemiringan galian minimum untuk berbagai bahan tanah disajikan pada Tabel 3-3.

Harga-harga kemiringan minimum untuk saluran tanah yang dibuat dengan bahan-bahan kohesif yang dipadatkan dengan baik diberikan pada Tabel 3-3. dan Tabel 3-4.

Tabel 3-3. Kemiringan Minimum Talut untuk Berbagai Bahan Tanah

Bahan Tanah	Simbol	Kisaran Kemiringan
Batu		< 0,25
Gambut kenyal	Pt	1,00 – 2,00
Lempung kenyal, geluh, Tanah lus	CL, CH, MH	1,00 – 2,00
Lempung pasir, tanah pasiran kohesif	SC, SM	1,50 – 2,50
Pasir lanauan	SM	2,00 – 3,00
Gambar lunak	Pt	3,00 – 4,00

*Geluh : (loam) adalah campuran pasir, lempung dan Lumpur yang kira-kira sama banyaknya

Tabel 3-4. Kemiringan Talut Minimum untuk Saluran Timbunan yang Dipadatkan dengan Baik

Kedalaman Air + Tinggi Jagaan D (m)	Kemiringan Minimum Talut
$D \leq 1,0$	1 : 1,0
$1,0 < D \leq 2,0$	1 : 1,5
$D > 2,0$	1 : 2,0

Talut yang lebih landai daripada yang telah disebutkan dalam tabel diatas harus dipakai apabila diperkirakan akan terjadi rembesan ke dalam saluran.

Untuk tanggul yang tingginya lebih dari 3 m lebar bahu (*berm*) tanggul harus dibuat sekurang-kurangnya 1 m (setiap 3 m). Bahu tanggul harus dibuat setinggi muka air rencana di saluran. Untuk kemiringan luar, bahu tanggul (jika perlu) harus terletak di tengah-tengah antara bagian atas dan pangkal tanggul.

3.3.3 Lengkung Saluran

Lengkung yang diizinkan untuk saluran tanah bergantung kepada:

- Ukuran dan kapasitas saluran
- Jenis tanah
- Kecepatan aliran

Jari-jari minimum lengkung seperti yang diukur pada as harus diambil sekurang-kurangnya 8 kali lebar atas pada lebar permukaan air rencana.

Jika lengkung saluran diberi pasangan, maka jari-jari minimumnya dapat dikurangi. Pasangan semacam ini sebaiknya dipertimbangkan apabila jari – jari lengkung saluran tanpa pasangan terlalu besar untuk keadaan topografi setempat. Panjang pasangan harus dibuat paling sedikit 4 kali kedalaman air pada tikungan saluran.

Jari-jari minimum untuk lengkung saluran yang diberi pasangan harus seperti berikut:

- 3 kali lebar permukaan air untuk saluran-saluran kecil ($< 0,6 \text{ m}^3/\text{dt}$); dan sampai dengan
- 7 kali lebar permukaan air untuk saluran-saluran yang besar ($> 10 \text{ m}^3/\text{dt}$).

3.3.4 Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan berguna untuk:

- menaikkan muka air diatas tinggi muka air maksimum;
- mencegah kerusakan tanggul saluran.

Meningginya muka air sampai diatas tinggi yang telah direncana bisa disebabkan oleh penutupan pintu secara tiba-tiba disebelah hilir, variasi ini akan bertambah dengan membesarnya debit. Meningginya muka air dapat pula diakibatkan oleh pengaliran air buangan ke dalam saluran.

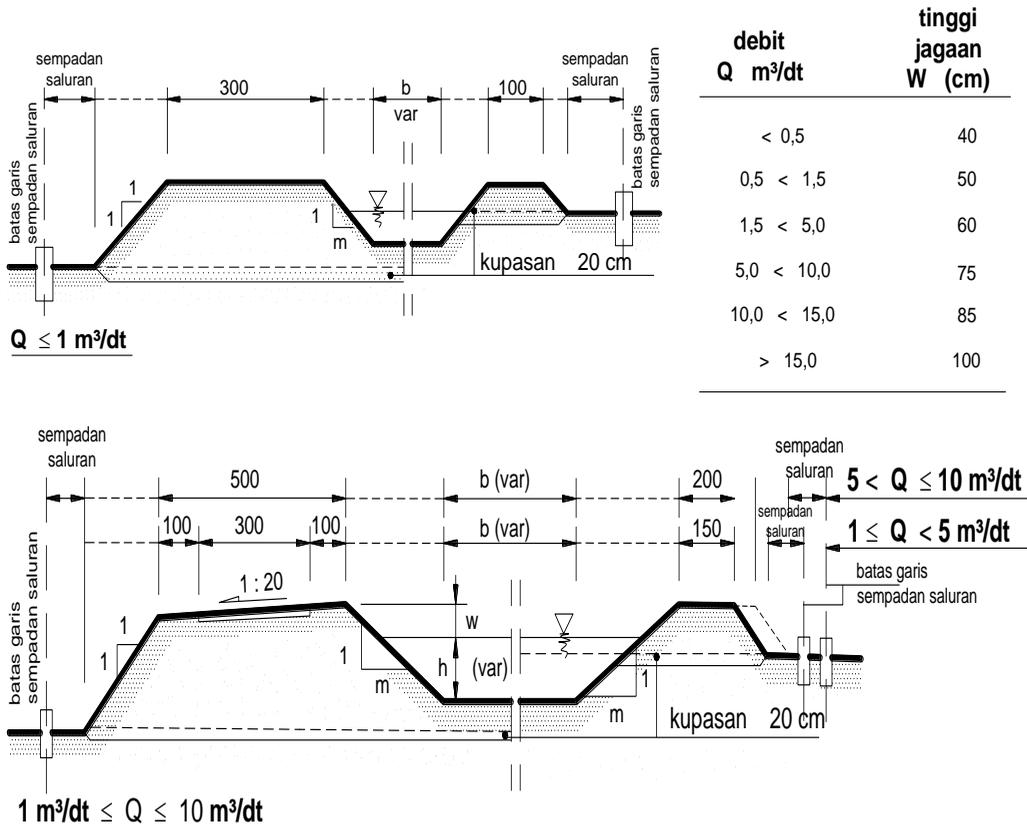
Tinggi jagaan minimum yang diberikan pada saluran primer dan sekunder dikaitkan dengan debit rencana saluran seperti yang diperlihatkan dalam Tabel 3-5 dan Gambar 3-4.

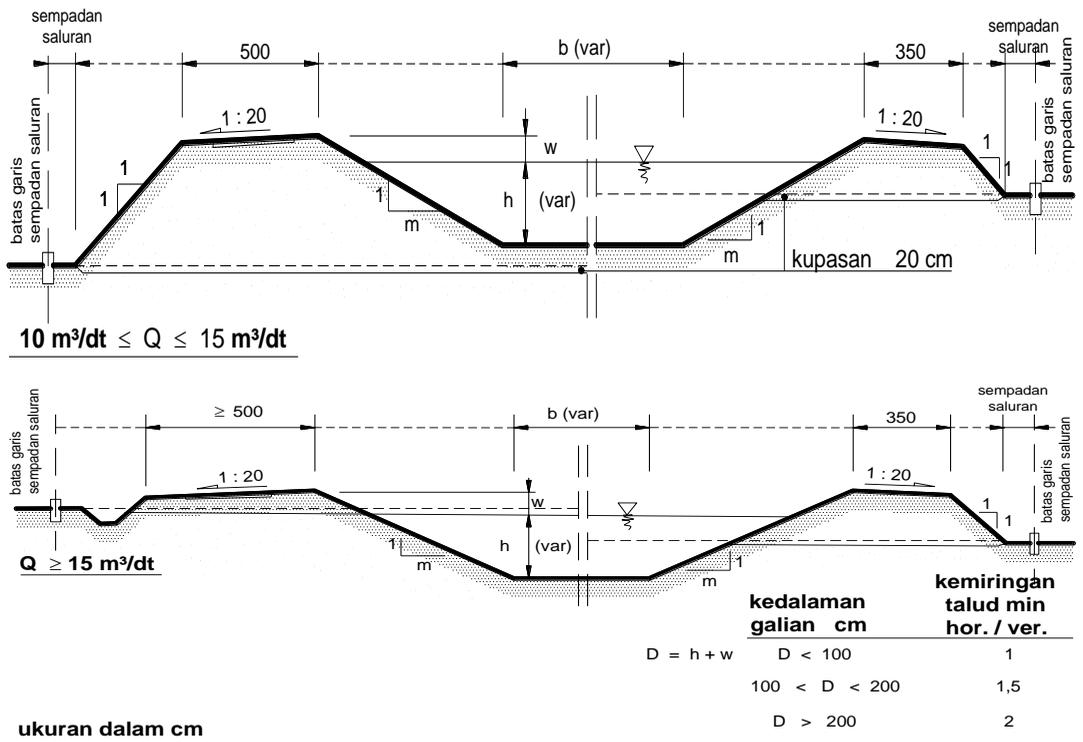
Tabel 3-5. Tinggi Jagaan Minimum untuk Saluran Tanah

Q (m ³ / dt)	Tinggi Jagaan (m)
< 0,5	0,40
0,5 – 1,5	0,50
1,5 – 5,0	0,60
5,0 – 10,0	0,75
10,0 – 15,0	0,85
> 15,0	1,00

3.3.5 Lebar Tanggul

Untuk tujuan-tujuan eksploitasi, pemeliharaan dan inspeksi akan diperlukan tanggul di sepanjang saluran dengan lebar minimum seperti yang disajikan pada Tabel 3-6. Contoh-contoh potongan melintangnya diberikan pada Gambar 3-4.





Gambar 3-4. Tipe-Tipe Potongan Melintang Saluran Irigasi

Tabel 3-6. Lebar Minimum Tanggul

Debit Rencana (m ³ /dt)	Tanpa Jalan Inspeksi (m)	Dengan Jalan Inspeksi (m)
Q ≤ 1	1,00	3,00
1 < Q < 5	1,50	5,00
5 < Q ≤ 10	2,00	5,00
10 < Q ≤ 15	3,50	5,00
Q > 15	3,50	≈ 5,00

Jalan inspeksi terletak ditepi saluran di sisi yang diairi agar bangunan sadap dapat dicapai secara langsung dan usaha penyadapan liar makin sulit dilakukan. Lebar jalan inspeksi dengan perkerasan adalah 5,0 m atau lebih, dengan lebar perkerasan sekurang-kurangnya 3,0 meter.

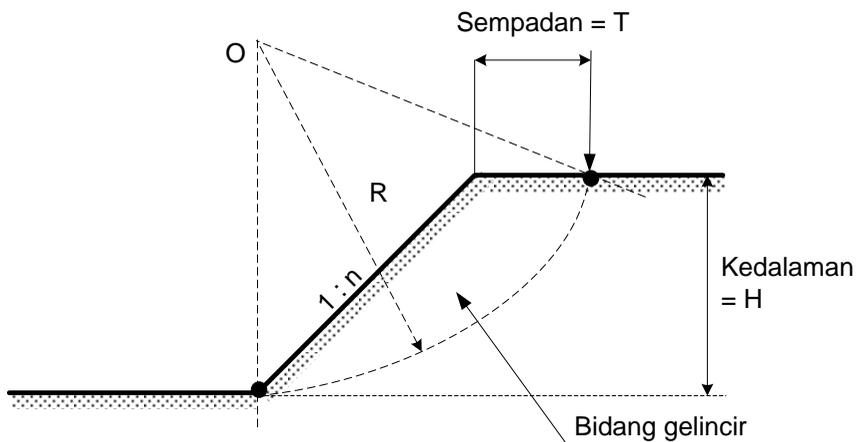
Untuk pertimbangan stabilitas tanggul, lebar tanggul yang diberikan pada Tabel 3-6 dan/atau talut luar dapat ditambah (lihat Bab 9 Bagian KP - 04 Bangunan).

3.3.6 Garis Sempadan Saluran

Penetapan garis sempadan jaringan irigasi ditujukan untuk menjaga agar fungsi jaringan irigasi tidak terganggu oleh aktivitas yang berkembang disekitarnya.

Prinsip dasar penentuan garis sempadan saluran adalah untuk memperoleh ruang keamanan saluran irigasi sehingga aktivitas yang berkembang diluar garis tersebut tidak mempengaruhi kestabilan saluran, yang ditunjukkan oleh batas daerah gelincir.

Lihat Gambar 3-5.



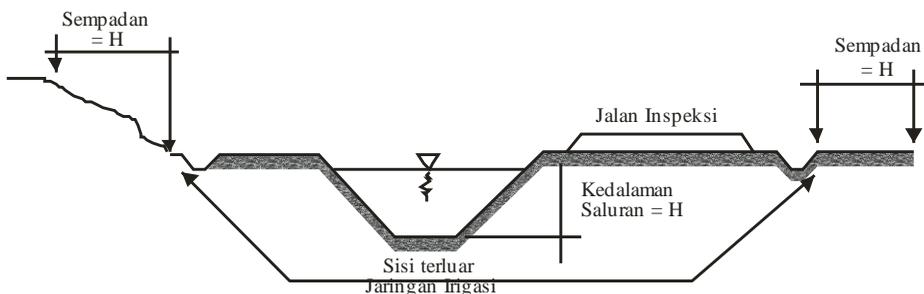
Gambar 3-5. Bidang Gelincir pada Tebing Saluran

Pada saluran bertanggul, batas gelincir dipengaruhi oleh jenis tanah yang dipakai sebagai bahan badan tanggul, jenis tanah dasar, ketinggian tanggul dan kemiringan tanggul. Pada saluran galian, batas gelincir dipengaruhi oleh jenis tanah asli, kemiringan galian dan tinggi galian.

Pada kasus dimana bahan timbunan untuk tanggul saluran diambil dari galian tanah disekitar saluran, maka galian tanah harus terletak diluar garis sempadan saluran.

1. Garis sempadan saluran irigasi tak bertanggul

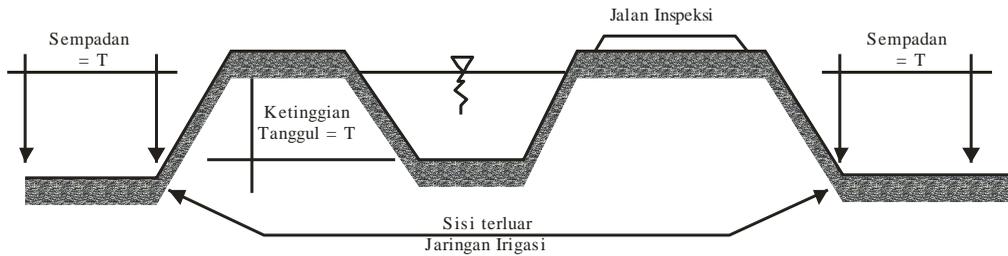
- Garis sempadan saluran irigasi tak bertanggul sebagaimana tercantum dalam Gambar 3-6 ini jaraknya diukur dari tepi luar parit drainase di kanan dan kiri saluran irigasi.
- Jarak garis sempadan sekurang-kurangnya sama dengan kedalaman saluran irigasi
- Untuk saluran irigasi yang mempunyai kedalaman kurang dari satu meter, jarak garis sempadan sekurang-kurangnya satu meter.



Gambar 3-6.Sempadan Saluran Irigasi Tak Bertanggul

2. Garis sempadan saluran irigasi bertanggul

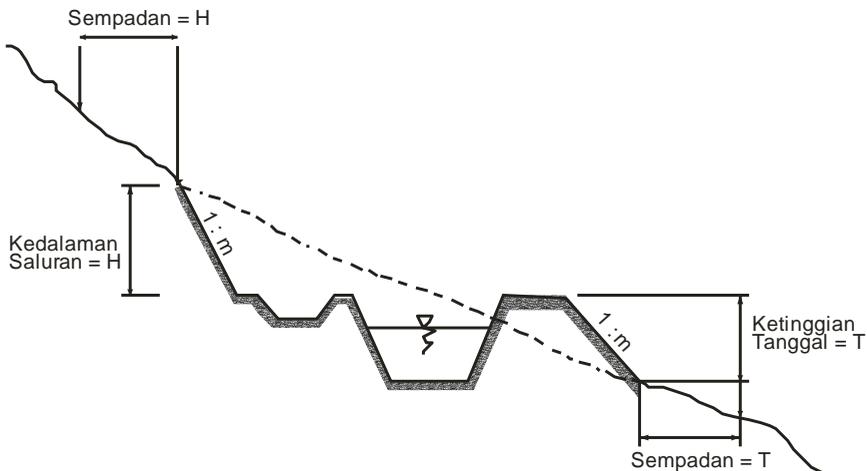
- Garis sempadan saluran irigasi bertanggul sebagaimana tercantum dalam Gambar 3-7. ini diukur dari sisi luar kaki tanggul
- Jarak garis sempadan sekurang-kurangnya sama dengan ketinggian tanggul saluran irigasi
- Untuk tanggul yang mempunyai ketinggian kurang dari satu meter, jarak garis sempadan sekurang-kurangnya satu meter.



Gambar 3-7.Sempadan Saluran Irigasi Bertanggul

3. Garis sempadan saluran irigasi pada lereng/tebing

- Garis sempadan saluran irigasi yang terletak pada lereng\tebing sebagaimana tercantum dalam Gambar 3-8 ini mengikuti kriteria sebagai berikut :
 - a. diukur dari tepi luar parit drainase untuk sisi lereng diatas saluran;
 - b. diukur dari sisi luar kaki tanggul untuk sisi lereng dibawah saluran.
- Jarak garis sempadan untuk sisi lereng diatas saluran sekurang-kurangnya sama dengan kedalaman saluran irigasi.
- Jarak garis sempadan untuk sisi lereng dibawah saluran sekurang-kurangnya sama dengan ketinggian tanggul saluran irigasi.



Gambar 3-8.Sempadan Saluran Irigasi di Lereng

4. Garis sempadan saluran pembuang irigasi

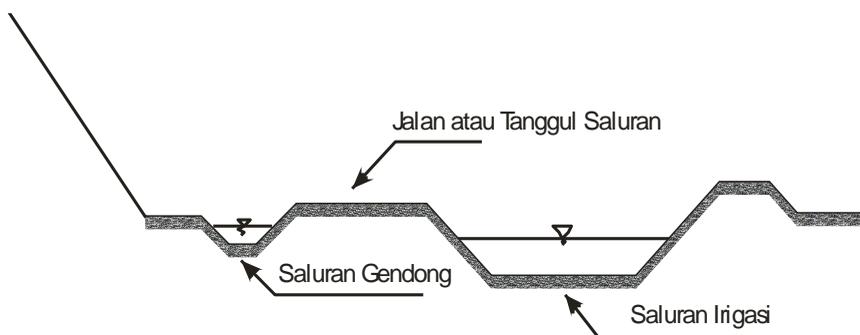
- Garis sempadan saluran pembuang irigasi tak bertanggung jaraknya diukur dari tepi luar kanan dan kiri saluran pembuang irigasi dan garis sempadan saluran pembuang irigasi bertanggung diukur dari sisi luar kaki tanggul.
- Garis sempadan saluran pembuang irigasi jaraknya diukur dari sisi/tepi luar saluran pembuang irigasi atau sisi/tepi luar jalan inspeksi.
- Kriteria penetapan jarak garis sempadan saluran pembuang irigasi sama dengan penetapan pada saluran irigasi sebagaimana dimaksud pada point 1 dan 2.

3.3.7 Perencanaan Saluran Gendong

3.3.7.1 Gambaran Umum

Saluran gendong adalah saluran drainase yang diletakkan sejajar dengan saluran irigasi. Saluran gendong ini berfungsi mencegah aliran permukaan (*run off*) di luar daerah irigasi (*ekstern area*) masuk kedalam saluran irigasi. Air di saluran gendong ini dialirkan keluar ke saluran alam atau saluran drainase buatan yang terdekat.

Saluran gendong ini dibangun/dikonstruksi apabila suatu saluran irigasi melintasi suatu daerah-daerah di perbukitan. Tata letak saluran gendong dan saluran irigasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3-9. Potongan Melintang Saluran Gendong dan Saluran Irigasi

Kapasitas drainase untuk satu jenis daerah dataran tinggi (*up land*) atau dataran rendah (*low land*) umumnya menggunakan periode ulang curah hujan 5 tahunan. Sedang periode 20 tahunan khusus digunakan pada areal yang mempunyai dua jenis dataran yaitu dataran tinggi dan dataran rendah.

3.3.7.2 Tata Cara dan Dasar Perhitungan

Debit drainase ditentukan untuk menentukan kapasitas dan dimensi bangunan saluran drainase untuk membuang kelebihan air yang ada di permukaan (drainase permukaan) terutama yang berasal dari daerah perbukitan (*hilly area*). Kapasitas debit drainase ini menentukan dimensi saluran dan kemiringan memanjang dari saluran.

Dalam hal memfasilitasi internal drain maka digunakan perhitungan dengan cara drainase modul sedangkan untuk eksternal *drain* digunakan metode rasional. Perhitungan debit dapat dilihat pada KP-01.

3.3.7.3 Dimensi Saluran Gendong

A. Standar Kapasitas

Saluran irigasi yang melintasi suatu perbukitan, untuk mencegah aliran *runoff* air hujan dan erosi dari areal perbukitan tersebut masuk ke saluran irigasi maka perlu dibuat saluran drainase yang sejajar saluran irigasi tersebut untuk membuang aliran *run off* tersebut ke saluran alam yang terdekat.

Besar aliran di saluran gendong direncanakan pada puncak aliran yang dihitung seperti metode yang telah dijelaskan pada sub-bab diatas.

Menurut Pedoman Hidrolis DPMA (1984) standar kapasitas saluran ditentukan sebagai berikut:

1. Menggunakan debit minimum $1,00 \text{ m}^3/\text{dt}$ sampai $2,00 \text{ m}^3/\text{dt}$ dengan kenaikan $0,25 \text{ m}^3/\text{dt}$.
2. Melebihi $2,00 \text{ m}^3/\text{dt}$ menggunakan kenaikan $0,5 \text{ m}^3/\text{dt}$

B. Karakteristik Saluran Gendong

1. Dimensi dihitung berdasarkan rumus "Manning" dengan koefisien kekasaran (n) 0,03. Untuk kapasitas saluran gendong lebih besar $4 \text{ m}^3/\text{dt}$ dipakai $n = 0,025$.
2. Kemiringan talut didasarkan sifat-sifat dari tanah dimana saluran gendong harus digali. Kemiringan dalam saluran 1,5 horizontal terhadap vertikal dan direkomendasikan kedalaman air 1,5 m atau kurang dimana rasio perbandingan horizontal : vertikal adalah 2:1.
3. Drainase melalui areal yang curam harus mempunyai kemiringan memanjang dan batas tenaga tarik sebagai berikut:
$$T = 0,60 \text{ kg/m}^2 \text{ atau kurang untuk } Q \geq 1,5 \text{ m}^3/\text{dt}$$
$$T = 0,35 \text{ kg/m}^2 \text{ untuk } Q < 1,5 \text{ m}^3/\text{dt}$$
4. Tinggi Jagaan
Tinggi jagaan 50 cm untuk saluran sejajar jalan dan 30 cm untuk kondisi saluran gendong lainnya.
5. Lebar Tanggul dan Kemiringan Tanggul Sisi Luar
Lebar tanggul sebaiknya cukup untuk melayani jalan tani, lebar lainnya direkomendasi minimum 40 cm.
6. Kemiringan tanggul luar untuk semua saluran drain adalah 1:1.
7. Batas Kecepatan Saluran Gendong
Kecepatan maksimum yang diijinkan pada saluran gendong sama dengan batas maksimum kecepatan pembuang atau irigasi seperti yang telah diuraikan pada Subbab 3.2.4.
8. Kecepatan maksimum yang diijinkan pada saluran gendong adalah kecepatan rata-rata yang tidak menyebabkan erosi di permukaan.

3.3.7.4 Kelebihan dan Kelemahan Saluran Gendong

Fungsi saluran gendong untuk menampung air aliran *runoff* dari daerah tangkapan sisi atas selama waktu tertentu sehingga tidak menyebabkan erosi pada sisi luar saluran irigasi, kelemahan pemilihan cara ini:

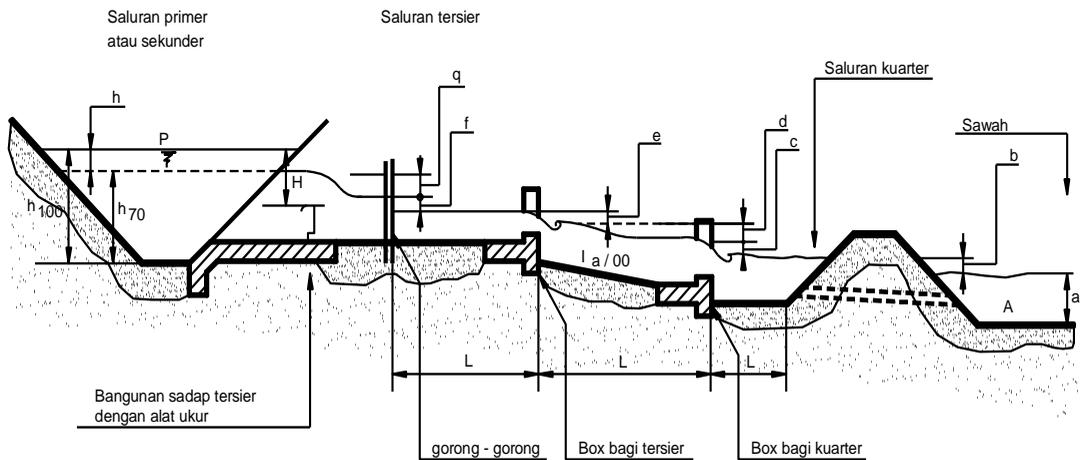
- a. Diperlukan lebar yang cukup luas untuk penempatan dua saluran di tebing.
- b. Debit saluran gendong jika tidak memenuhi kapasitas debit air buangan akan masuk ke saluran. Cara mengatasinya dengan saluran pelimpah pada lokasi tertentu.
- c. Memerlukan perawatan akibat intensitas sedimen dari sisi atas sangat tinggi.
- d. Dimensi saluran gendong dapat cukup besar jika area tangkapan hujannya cukup luas.

3.4 Potongan Memanjang

3.4.1 Muka Air yang Diperlukan

Tinggi muka air yang diinginkan dalam jaringan utama didasarkan pada tinggi muka air yang diperlukan di sawah-sawah yang diiri. Prosedurnya adalah pertama-tama menghitung tinggi muka air yang diperlukan di bangunan sadap tersier. Lalu seluruh kehilangan di saluran kuartier dan tersier serta bangunan dijumlahkan menjadi tinggi muka air di sawah yang diperlukan dalam petak tersier. Ketinggian ini ditambah lagi dengan kehilangan tinggi energi di bangunan sadap tersier dan longgaran (persediaan) untuk variasi muka air akibat eksploitasi jaringan utama pada tinggi muka air parsial (sebagian).

Gambar 3-10. berikut memberikan ilustrasi mengenai cara perhitungannya. Selanjutnya untuk kehilangan tinggi energi standar yang dipilih lihat Bagian KP - 05 Petak Tersier.



Gambar 3-10. Tinggi Bangunan Sadap Tersier yang Diperlukan

$$P = A + b + c + d + e + f + g + \Delta h + Z$$

dimana:

P = muka air di saluran sekunder

A = elevasi tertinggi di sawah

a = lapisan air di sawah, ≈ 10 cm

b = kehilangan tinggi energi di saluran kuartier ke sawah ≈ 5 cm

c = kehilangan tinggi energi di boks bagi kuartier ≈ 5 cm/boks

d = kehilangan tinggi energi selama pengaliran disaluran irigasi, $I \times L$

e = kehilangan tinggi energi di boks bagi tersier, ≈ 10 cm

f = kehilangan tinggi energi di gorong-gorong, ≈ 5 cm

g = kehilangan tinggi energi di bangunan sadap tersier

Δh = variasi tinggi muka air, $0,10 h_{100}$ (kedalaman rencana)

Z = kehilangan tinggi energi di bangunan-bangunan tersier yang lain.

Kelemahan perhitungan secara konvensional dapat menghasilkan elevasi bangunan irigasi yang terlalu aman, namun cara ini lebih sederhana sehingga dapat diterapkan untuk irigasi sederhana dan irigasi skala kecil.

Untuk irigasi yang lebih luas (skala besar) perlu perhitungan yang lebih teliti mendekati kebenaran. Yaitu dengan memperhitungkan adanya pengaruh pembendungan (*back water*) dari bangunan hilir (*downstream*) terhadap bangunan hulu (*up stream*). Hal ini akan menyebabkan pengurangan kehilangan tinggi yang dibutuhkan.

Akumulasi pengurangan tinggi dalam seluruh sistem dapat mempunyai nilai yang perlu dipertimbangkan.

Setelah debit kebutuhan air dihitung, maka didapatkan debit kebutuhan air selama setahun serta debit maksimum kebutuhan air pada periode satu mingguan atau dua mingguan tertentu. Debit maksimum (Q_{maks}) yang didapat dalam kenyataan operasinya hanya dialirkan selama satu minggu atau dua minggu pada periode sesuai kebutuhannya.

Selain dari debit, dalam melakukan desain saluran, elevasi muka air di saluran ditentukan berdasarkan ketinggian sawah, kemiringan saluran dan kehilangan tinggi di bangunan tersier, dimana elevasi tersebut harus terpenuhi supaya jumlah air yang masuk ke sawah sesuai dengan kebutuhan.

Jika dalam perhitungan dimensi saluran menggunakan Q_{maks} dengan ketinggian muka air H yang kejadiannya selama satu minggu atau dua minggu saja selama setahun, maka ketika Q lebih kecil dari Q_{maks} akibatnya ketinggian muka air lebih kecil dari H dan akan mengakibatkan tidak terpenuhinya elevasi muka air yang dibutuhkan untuk mengalirkan air ke sawah sehingga debit yang dibutuhkan petak tersier tidak terpenuhi. Untuk mengatasi ini maka pintu pengatur muka air diturunkan sedemikian sehingga muka air naik pada elevasi yang dibutuhkan untuk air sampai di sawah.

Berdasarkan pemikiran diatas yang menjadi permasalahan adalah berapa pengurangan debit yang masih ditolerir sehingga pembagian air tidak terganggu tanpa menyetel bangunan pengatur muka air. Kalau toleransi pengurangan debit kecil, maka frekuensi penyetelan bangunan pengatur akan menjadi lebih sering; sebaliknya jika toleransi debit besar maka frekuensi penyetelan menjadi jarang.

Angka yang cukup memadai adalah penggunaan $Q_{85\%}$ dengan ketinggian $0,90 H$. Longgaran untuk variasi muka air Δh ditetapkan: $0,10 h_{100}$ ($0,10 \times$ kedalaman air rencana); $0,90 h_{100}$ adalah kedalaman air perkiraan pada 85 % dari $Q_{rencana}$.

Apabila prosedur ini menyebabkan muka air jaringan utama naik diatas muka tanah, maka pengurangan tinggi muka air tersier dapat dipertimbangkan. Situasi demikian dapat terjadi pada topografi yang sangat datar dimana kehilangan tinggi energi yang terjadi pada bangunan-bangunan di petak tersier dapat menambah tinggi muka air yang diperlukan di jaringan utama jauh diatas muka tanah. Dalam hal-hal seperti itu jaringan tersier harus dibenahi kembali dan kalau mungkin kehilangan tinggi energi harus diperkecil sebagian daerah mungkin terpaksa tidak diairi.

Operasi muka air parsial sangat umum terjadi di jaringan irigasi di Indonesia. Kebutuhan air irigasi pada debit rencana berlangsung sebentar saja di musim tanam pada harga rencana maksimum. Di samping itu, tersedianya air, di sungai tidak akan selamanya cukup untuk mengoperasikan jaringan pada debit rencana.

3.4.2 Kemiringan Memanjang

Kemiringan memanjang ditentukan terutama oleh keadaan topografi, kemiringan saluran akan sebanyak mungkin mengikuti garis muka tanah pada trase yang dipilih. Kemiringan memanjang saluran mempunyai harga maksimum dan minimum. Usaha pencegahan terjadinya sedimentasi memerlukan kemiringan memanjang yang minimum. Untuk mencegah terjadinya erosi, kecepatan maksimum aliran harus dibatasi.

3.4.2.1 Kemiringan Minimum

Sebagaimana telah dibicarakan dalam Subbab 3.2.3, untuk mencegah sedimentasi harga $I\sqrt{R}$ hendaknya diperbesar ke arah hilir. Dalam praktek perencanaan kriteria ini tidak sulit untuk diikuti. Pada umumnya kemiringan tanah bertambah besar ke arah

hilir, demikian pula harga $I\sqrt{R}$; bahkan apabila harga \sqrt{R} berkurang pada waktu saluran mengecil.

3.4.2.2 Kemiringan Maksimum

Bila mana kondisi bahan tanah pada trase sudah diketahui, maka kecepatan dasar yang diizinkan v_{vb} untuk mencegah erosi dapat ditentukan bagi ruas saluran, sebagaimana telah dibicarakan dalam Subbab 3.2.4. Perlu dicatat bahwa kecepatan rencana yang biasanya diambil untuk tanah-tanah kohesif, pada umumnya lebih rendah daripada kecepatan maksimum yang diizinkan untuk tanah ini. Erosi pada saluran irigasi jarang sekali.

3.4.2.3 Perencanaan Kemiringan Saluran

Untuk perencanaan kemiringan saluran, akan dipakai Gambar A.2.1. Dalam grafik ini tiap titik dengan debit rencana Q dan kemiringan saluran I merupakan potongan melintang saluran dengan v , h , b , R , m dan k . Untuk tiap titik, akan dihitung harga $I\sqrt{R}$ dan kecepatan dasar rencana v_{bd} (kecepatan rencana yang sesungguhnya dikonversi menjadi kecepatan untuk saluran yang dalamnya 1 m dengan Gambar 3.3.b) Selanjutnya garis – garis $I\sqrt{R}$ konstan dan kecepatan dasar rencana v_{bd} diplot pada grafik. Harga-harga m , n dan k untuk potongan melintang diambil dari Subbab 3.2 dan 3.3 pada perencanaan ini.

Dalam keadaan khusus dimana kemiringan lahan relatif datar dan/atau tidak seluruhnya sedimen diijinkan masuk ke sawah, maka sebagian sedimen boleh diendapkan pada tempat-tempat tertentu.

Ditempat ini sedimen diendapkan dan direncanakan bangunan pengeluar sedimen (*sediment excluder*) untuk membuang endapan di tempat persilangan sungai atau tempat lain yang memungkinkan. Untuk itu harga $I\sqrt{R}$ dapat lebih kecil dari ruas sebelumnya.

Gambar A.2.1 akan digunakan untuk perencanaan kemiringan saluran. Dalam bagian ini masing-masing titik dengan debit rencana Q_d dan kemiringan saluran I adalah

potongan melintang saluran dengan ukuran tetap untuk (b , h , dan m), koefisien kekasaran dan kecepatan aliran.

Dalam perencanaan saluran, sebaiknya diikuti langkah-langkah sebagai berikut:

1. Tentukan debit rencana serta kemiringan yang terbaik untuk tiap ruas saluran berdasarkan kemiringan medan yang ada dan elevasi bangunan sadap tersier yang diperlukan.
2. Plotkan data-data Q - I untuk masing-masing ruas saluran berikutnya mulai dari bangunan utama hingga ujung saluran sekunder.
3. Tentukan harga kecepatan dasar yang diizinkan v_{ba} bagi setiap ruas saluran berdasarkan kondisi tanah dengan gambar 3-2.b dan 3-3.a.
4. Cek apakah garis $I\sqrt{R}$ semakin bertambah besar ke arah hilir.
5. Cek apakah kecepatan dasar rencana v_{vd} tidak melampaui kecepatan dasar yang diizinkan v_{ba} .
6. Jika pada langkah 4 dan 5 tidak dijumpai masalah apa pun, maka perencanaan saluran akan diselesaikan dengan harga-harga kemiringan yang dipilih dari langkah 1.
7. Kemiringan saluran dapat dimodifikasi sebagai berikut:
 - Bila kecepatan rencana melebihi kecepatan yang diizinkan, maka besarnya kemiringan saluran akan dipilih dan mungkin akan diperlukan bangunan terjun.
 - Bila kemiringan saluran pada langkah 1 untuk suatu ruas tertentu akan lebih landai daripada yang diperlukan untuk garis $I\sqrt{R}$, maka kemiringan tersebut akan ditambah dan akan dibuat dalam galian.

Dalam Lampiran A diberikan rincian lebih lanjut mengenai perencanaan saluran.

Dalam prosedur perencanaan saluran dapat timbul kesulitan-kesulitan berikut :

1. Kemiringan medan yang curam
Kecepatan dasar rencana v_{bd} dengan kemiringan medan yang ada mungkin melampaui batas kecepatan dasar yang diizinkan v_{ba} . Guna mengurangi kecepatan

rencana, kemiringan saluran akan diambil lebih landai daripada kemiringan tanah. Kehilangan tinggi energi akan diperhitungkan pada bangunan terjun. Gambar 3-6 akan digunakan untuk memilih kemiringan rencana saluran.

2. Kemiringan minimum saluran primer garis tinggi

Kemiringan dasar minimum yang benar-benar tepat untuk jaringan irigasi yang mengangkut sedimen, sulit ditentukan. Jumlah data mengenai angkutan sedimen halus, sangat sedikit. Di samping itu, data-data statistik tentang sedimen sering kurang memadai.

Harga $I\sqrt{R}$ yang dipakai untuk saluran primer harus lebih besar dari harga $I\sqrt{R}$ kantong lumpur dalam keadaan penuh.

3. Saluran sekunder dengan kemiringan medan kecil

Untuk saluran sekunder demikian, harga $I\sqrt{R}$ sebaiknya paling tidak sama dengan harga $I\sqrt{R}$ ruas saluran sebelah hulu. Hal ini mengacu pada dibuatnya bagian hulu saluran sekunder dalam timbunan agar kemiringan bertambah.

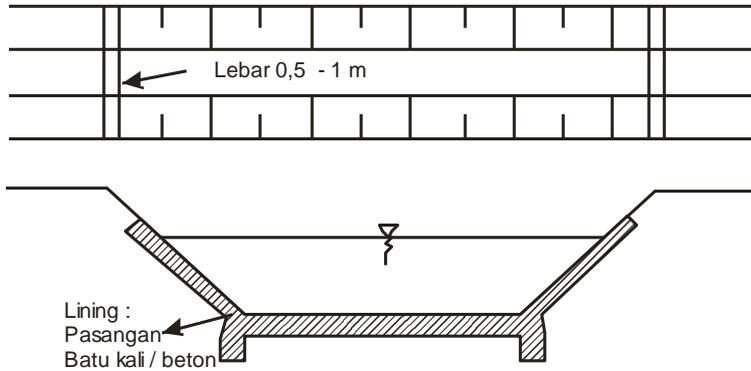
3.5 Sipatan Penampang Saluran Tanah

Sipatan penampang saluran tanah diperlukan dalam rangka mempermudah pemeliharaan saluran di kemudian hari.

Pada saluran tanah (tanpa pasangan) yang masih baru, as saluran, batas tanggul, lebar tanggul masih terlihat profilnya, namun dengan berjalannya waktu tanda – tanda tadi akan makin kabur, bahkan as saluran tidak pada as rencana saluran tadinya. Dibeberapa tempat saluran sudah tidak lagi lurus atau pada belokan telah berubah jari – jari kelengkungannya. Hal ini akan merupakan kendala pada waktu akan dilakukan rehabilitasi saluran.

Sipatan penampang yang dimaksud dapat dilakukan dengan cara membuat sipatan lining dari pasangan batu/beton dengan lebar 0,5 – 1,00 m. Penempatan sipatan minimal 3 sipatan dalam 1 ruas saluran maksimum 300 m antar sipatan.

Pembuatan sipatan ini dimaksudkan bisa sebagai *benchmark*/acuan dari desain awal, dengan demikian untuk menelusuri saluran kembali sangat mudah dengan melihat pada posisi sipatan.



Gambar 3-11. Denah dan Tipe Potongan Melintang Sipatan

BAB IV

SALURAN PASANGAN

4.1 Kegunaan Saluran Pasangan

Saluran pasangan (*lining*) dimaksudkan untuk :

1. Mencegah kehilangan air akibat rembesan
2. Mencegah gerusan dan erosi
3. Mencegah merajalelanya tumbuhan air
4. Mengurangi biaya pemeliharaan
5. Memberi-kelonggaran untuk lengkung yang lebih besar
6. Tanah yang dibebaskan lebih kecil

Tanda-tanda adanya kemungkinan terjadinya perembesan dalam jumlah besar dapat dilihat dari peta tanah. Penyelidikan tanah dengan cara pemboran dan penggalian sumuran uji di alur saluran akan lebih banyak memberikan informasi mengenai kemungkinan terjadinya rembesan. Pasangan mungkin hanya diperlukan untuk ruas-ruas saluran yang panjangnya terbatas.

Dalam memperkirakan kehilangan air di saluran dapat dilakukan dengan 3 cara :

1. Dengan melakukan pengukuran di lapangan:
 - i. Dilakukan uji pengukuran kehilangan air dengan cara melakukan survei pengukuran besarnya debit aliran masuk dan keluar dari suatu ruas saluran.
 - ii. Dengan metode penggenangan. Pengukuran volume kehilangan air selama jangka waktu tertentu dibagi luas penampang basah saluran akan menghasilkan besarnya kehilangan air per m².
2. Memakai angka rembesan hasil pengukuran terdahulu untuk jenis tanah yang sama seperti tertuang pada Tabel 4-1. berikut.

Tabel 4-1. Angka-Angka Hasil Pengukuran Rembesan

Tipe Material	Banyaknya Rembesan Per 24 Jam yang Melalui Keliling Basah (m ³ /hr)
- Kerikil yang menjadi satu dan tanah keras	0,00963
- Tanah liat	0,01161
- <i>Sandy loam</i>	0,01872
- Abu vulkanis	0,01925
- Abu vulkanis dengan pasir	0,02775
- Pasir dan abu vulkanis atau liat	0,03398
- Tanah berpasir dengan cadas	0,04757
- Tanah berkerikil & berpasir	0,06230

Angka-angka tersebut diatas digunakan untuk perkiraan permulaan banyaknya rembesan yang serius, maka diambil sebagai batas rembesan sebesar 0,157 m³ per m² per hari. Jika banyak rembesan melebihi nilai tersebut maka saluran harus memakai pasangan.

3. Menggunakan rumus rembesan dari *Moritz* (USBR)

Besarnya rembesan dapat dihitung dengan rumus *Moritz* (USBR)

$$S = 0,035C\sqrt{Q/v} \dots\dots\dots 4-1$$

Dimana :

- S =kehilangan akibat rembesan, m³/dt per km panjang saluran
- Q =debit, m³/ dt
- v =kecepatan, m/dt
- C =koefisien tanah rembesan, m/hari
- 0,035 =faktor konstanta, m/km

Harga-harga C dapat diambil seperti pada Tabel 4-2.

Tabel 4-2.Harga-Harga Koefisien Tanah Rembesan C

Jenis Tanah	Harga C m/hari
Kerikil sementasi dan lapisan penahan (<i>hardpan</i>) dengan geluh pasir	0,10
Lempung dan geluh lempungan	0,12
Geluh pasir	0,20
Abu vulkanik	0,21
Pasir dan abu vulkanik atau lempung	0,37
Lempung pasir dengan batu	0,51
Batu pasir dan kerikil	0,67

Kemiringan medan mungkin sedemikian sehingga kecepatan aliran yang dihasilkan melebihi kecepatan maksimum yang diizinkan untuk bahan tanah. Biaya pembuatan pasangan saluran hendaknya diusahakan murah. Jika hal ini tidak mungkin, maka lebih baik talut saluran dibuat lebih landai dan dilengkapi dengan bangunan terjun.

4.2 Jenis-Jenis Pasangan

Banyak bahan yang dapat dipakai untuk pasangan saluran (lihat FAO *Kraatz*, 1977). Tetapi pada prakteknya di Indonesia hanya ada empat bahan yang dianjurkan pemakaiannya:

1. Pasangan batu
2. Beton,
3. Tanah
4. Dapat juga menggunakan beton *Ferrocement*

Pembuatan pasangan dari bahan-bahan lain tidak dianjurkan, dengan alasan sulitnya memperoleh persediaan bahan, teknik pelaksanaan yang lebih rumit dan kelemahan-kelemahan bahan itu sendiri.

Pasangan batu dan beton lebih cocok untuk semua keperluan, kecuali untuk perbaikan stabilitas tanggul. Pasangan tanah hanya cocok untuk pengendalian rembesan dan perbaikan stabilitas tanggul.

Tersedianya bahan di dekat tempat pelaksanaan konstruksi merupakan faktor yang penting dalam pemilihan jenis pasangan. Jika bahan batu tersedia, maka pada umumnya dianjurkan pemakaian pasangan batu. Pasangan dari bata merah mungkin bisa juga dipakai.

Aliran yang masuk ke dalam retak pasangan dengan kecepatan tinggi dapat mengeluarkan bahan-bahan pasangan tersebut. Kecepatan maksimum dibatasi dan berat pasangan harus memadai untuk mengimbangi gaya tekan keatas.

Sebagai alternatif jenis-jenis *lining*, dewasa ini sudah mulai banyak diaplikasikan penggunaan material *Ferrocement* untuk saluran irigasi dan bangunan air. Struktur *Ferrocement* yang mudah dikerjakan dan ramah lingkungan sangat cocok untuk diterapkan diberbagai bentuk konstruksi. Bentuk penulangan yang tersebar merata hampir diseluruh bagian struktur memungkinkan untuk dibuat struktur tipis dengan berbagai bentuk struktur sesuai dengan kreasi perencanaanya.

4.2.1 Lining Permukaan Keras

Lining permukaan keras, dapat terdiri dari plesteran pasangan batu kali atau beton. Tebal minimum untuk pasangan batu diambil 30 cm. Untuk beton tumbuk tebalnya paling tidak 8 cm, untuk saluran kecil yang dikonstruksi dengan baik (sampai dengan 6 m³/dt), dan 10 cm untuk saluran yang lebih besar. Tebal minimum pasangan beton bertulang adalah 7 cm. Tebal minimum pasangan beton *Ferrocement* adalah 3 cm. Untuk pasangan semen tanah atau semen tanah yang dipadatkan, tebal minimum diambil 10 cm untuk saluran kecil dan 15 cm untuk saluran yang lebih besar.

Stabilitas pasangan permukaan keras hendaknya dicek untuk mengetahui tekanan air tanah di balik pasangan. Jika stabilitas pasangan terganggu (pembuang), maka sebaiknya dipertimbangkan untuk membuat konstruksi pembebas tekanan (lubang pembuang). Selanjutnya lihat Bagian KP - 04, Bangunan.

4.2.2 Tanah

Tebal pasangan tanah diambil 60 cm untuk dasar saluran dan 75 cm untuk talut saluran.

Pasangan campuran (kombinasi) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4-2. dapat dipakai juga. Pemilihan jenis pasangan akan bergantung kepada kondisi dan bahan yang tersedia. Detail konstruksi pasangan diperlihatkan dalam Gambar Perencanaan Standar.

4.2.3 Lining *Ferrocement*

Ferrocement adalah suatu tipe dinding tipis beton bertulang yang dibuat dari mortar semen hidrolis diberi tulangan dengan kawat anyam/kawat jala (*wiremesh*) yang menerus dan lapisan yang rapat serta ukuran kawat relatif kecil. Anyaman ini bisa berasal dari logam atau material lain yang tersedia. Kehalusan dan komposisi matriks mortar seharusnya sesuai dengan sistem anyaman dan selimut (pembungkusnya). Mortar yang digunakan dapat juga diberi serat/*fiber*.

Perbedaan *ferrocement* dengan beton bertulang antara lain :

1. Sifat Fisik

- Lebih tipis
- Memiliki tulangan yang terdistribusi pada setiap ketebalannya
- Penulangan 2 arah
- Matriksnya hanya terdiri dari agregat halus dan semen

2. Sifat Mekanik

- Sifat-sifat seragam dalam 2 arah
- Umumnya memiliki kuat tarik dan kuat lentur yang tinggi
- Memiliki ratio tulangan yang tinggi
- Proses retak dan perluasan retak yang berbeda pada beban tarik
- Duktilitas meningkat sejalan dengan peningkatan rasio tulangan anyam
- Kedap air tinggi
- Lemah terhadap temperatur tinggi

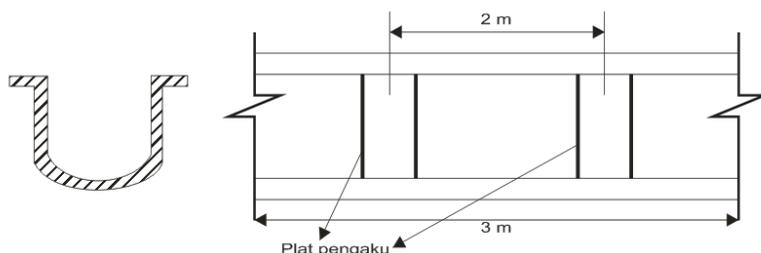
- Ketahanan terhadap beban kejut lebih tinggi
3. Proses/pembuatan/pemeliharaan/perbaikan
- Metode pembuatan berbeda dengan beton bertulang
 - Tidak memerlukan keahlian khusus.
 - Sangat mudah dalam perawatan dan perbaikan
 - Biaya konstruksi untuk aplikasi di laut lebih murah dibandingkan kayu, beton bertulang atau
 - Material komposit.

Bahan *Ferrocement* terdiri dari campuran semen, pasir yang diberi tulangan besi beton dengan diameter $\varnothing 6$ mm atau $\varnothing 8$ mm dan kawat anyam. Perbandingan semen dan pasir yang umum digunakan adalah 1:3. Untuk lebih seksama perbandingan ditetapkan dari pengujian laboratorium.

Kelebihan dari *lining* saluran menggunakan *Ferrocement* ini antara lain:

- biaya konstruksi lebih rendah daripada lining konvensional lainnya
- dari segi kekuatan beton *Ferrocement* mempunyai kekuatan lebih tinggi
- dan dari segi berat konstruksi, beton *Ferrocement* mempunyai konstruksi lebih ringan sehingga dapat digunakan di tanah yang mempunyai daya dukung yang rendah

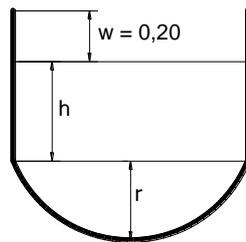
Bentuk yang umum dipakai dalam saluran irigasi adalah bentuk U (tapal kuda).



Gambar 4-1. Potongan Saluran Lining *Ferrocement* Berbentuk Tapal Kuda

Untuk menghitung dimensi saluran lining *Ferrocement* tetap menggunakan parameter-parameter rumus *Strickler* dengan nilai kekasaran untuk beton ($k=70$).

Dimensi maksimum penulangan *Ferrocement* ditentukan secara empiris pada bangunan-bangunan sejenis yang pernah dilaksanakan. Jari-jari penampang *Ferrocement* minimum adalah $r = 0,45$ m atau maksimum $b = 0,90$ m.



W = tinggi jagaan (m) = 0,1– 0,2 m

I = kemiringan memanjang saluran

h = tinggi air dibagian tegak lurus

r = jari-jari kelengkungan (m)

b = $2 r$

A = $b \times h + \pi r^2$

P = $2h + 2\pi r$

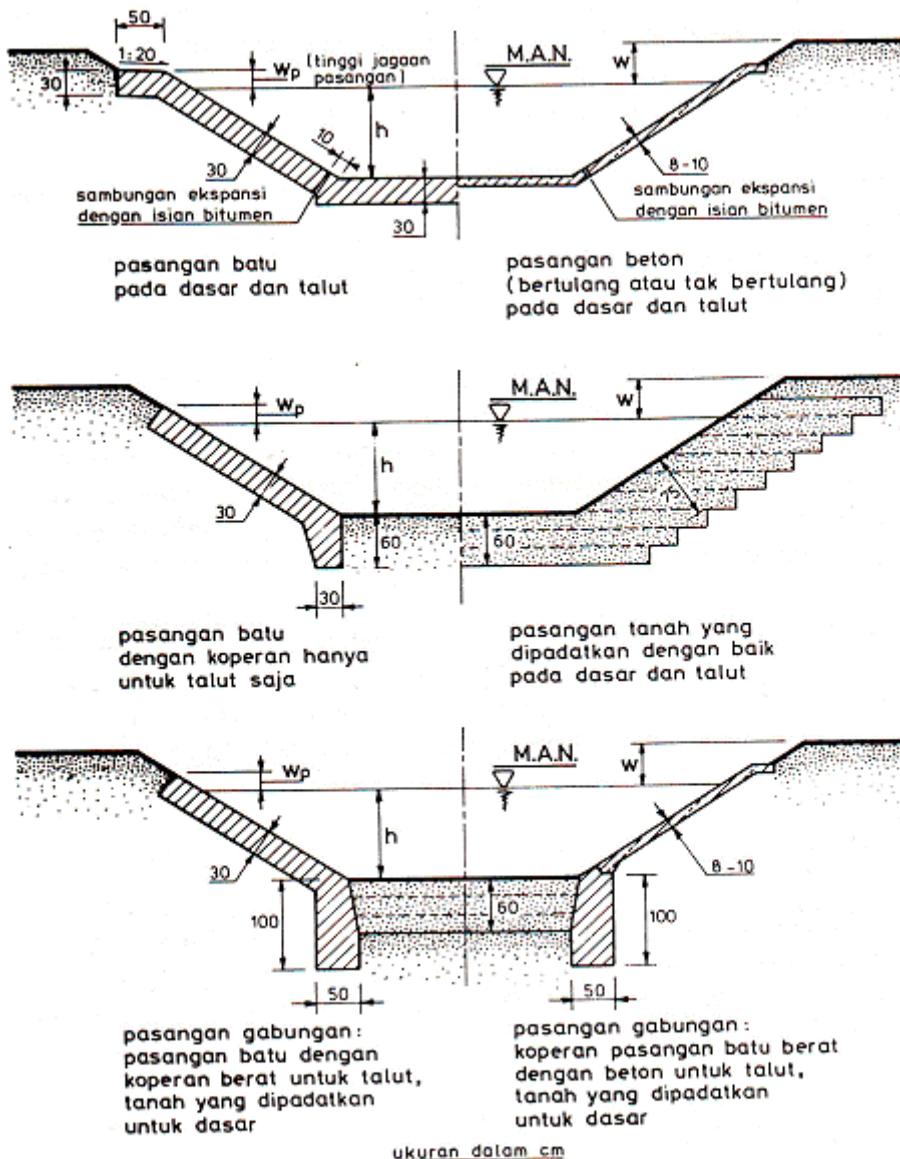
R = A/P

v = $k \times R^{2/3} \times I^{1/2}$

Q = $v \times A$

Di dalam saluran *Ferrocement* dengan penampang tapal kuda ini disyaratkan tidak timbul atau terjadi endapan dalam saluran. Maka minimum kecepatan aliran ditetapkan $v > 0,6$ m/dt agar pasir atau lumpur tidak mengendap disepanjang saluran.

Dimasa mendatang *Ferrocement* yang sudah terbukti andal dan ekonomis bisa digunakan bentuk-bentuk lain yang secara teknis ekonomis sosial dapat diterima.



Gambar 4-2. Tipe-Tipe Pasangan Saluran

4.3 Perencanaan Hidrolis

4.3.1 Kecepatan Maksimum

Kecepatan-kecepatan maksimum untuk aliran subkritis berikut ini dianjurkan pemakaiannya:

- pasangan batu : kecepatan maksimum 2 m/dt
- pasangan beton : kecepatan maksimum 3 m/dt
- pasangan tanah : kecepatan maksimum yang diizinkan
- *Ferrocement* : kecepatan 3 m/dt

Kecepatan maksimum yang diizinkan juga akan menentukan kecepatan rencana untuk dasar saluran tanah dengan pasangan campuran. Prosedur perencanaan saluran untuk saluran dengan pasangan tanah adalah sama dengan prosedur perencanaan saluran tanah seperti yang dibicarakan dalam Bab III.

Di dalam saluran *Ferrocement* dengan penampang tapal kuda ini disyaratkan tidak timbul atau terjadi endapan dalam saluran. Maka minimum kecepatan aliran ditetapkan $v > 0,6$ m/dt agar pasir atau lumpur tidak mengendap disepanjang saluran. Penghitungan bilangan *Froude* adalah penting apabila dipertimbangkan pemakaian kecepatan aliran dan kemiringan saluran yang tinggi. Untuk aliran yang stabil bilangan *Froude* harus kurang dari 0,55 untuk aliran sub kritis atau lebih dari 1,40 untuk aliran superkritis.

Saluran dengan bilangan *Froude* antara 0,55 dan 1,40 dapat memiliki pola aliran dengan gelombang tegak (muka air bergelombang yang akan merusak kemiringan talut). Harga-harga k untuk saluran ini dapat menyimpang sampai 20% dari harga anggapan yang menyebabkan bilangan *Froude* mendekati satu. Oleh karena itu kisaran 0,55 – 1,40 adalah relatif lebar.

Untuk perencanaan saluran dengan kemiringan medan yang teratur. seperti yang dibahas dalam Bab III. bilangan *Froude* akan kurang dari 0,3 dan dengan demikian dibawah 0,55.

Apabila terjadi aliran superkritis, bangunan diperhitungkan sebagai got miring.

Bilangan *Froude* untuk saluran ditentukan sebagai :

$$Fr = v \left(g \frac{A}{w} \right)^{-1/2} = v \left(gh \frac{m+n}{2m+n} \right)^{-1/2} \dots\dots\dots 4-2$$

Dimana :

Fr = bilangan *Froude*

v = kecepatan aliran, m/dt

w = lebar pada permukaan air, m

A = luas potongan melintang basah, m²

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

m = kemiringan talut saluran, 1 vertikal : m horizontal

n = perbandingan lebar dasar/kedalaman air

4.3.2 Koefisien Kekasaran

Koefisien kekasaran *Strickler* k (m^{1/3}/dt) yang dianjurkan pemakaiannya adalah:

- Pasang batu 60 (m^{1/3}/dt)
- Pasang beton 70 (m^{1/3}/dt)
- Pasang tanah 35 – 45 (m^{1/3}/dt)
- *Ferrocement* 70 (m^{1/3}/dt)

Harga - harga untuk pasangan keras hanya akan dicapai jika pasangan itu dikonstruksi dengan baik.

Harga - harga untuk pasangan tanah mirip harga - harga untuk saluran tanah dengan variasi - variasi seperti yang dibicarakan dalam Subbab 3.2.

Untuk potongan melintang dengan kombinasi berbagai macam bahan pasangan, kekasaran masing-masing permukaan akan berbeda-beda (bervariasi). Koefisien kekasaran campuran dihitung dengan rumus berikut:

$$k = p^{\frac{2}{3}} \left(\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{k_i^{1.5}} \right)^{-2/3} \dots\dots\dots 4-3$$

Dimana:

k = koefisien kekasaran *Strickler* untuk potongan melintang, m^{1/3}/dt

p = keliling basah, m

P_i = keliling basah bagian i dari potongan melintang, m

k_i = koefisien kekasaran bagian i dari potongan melintang, $m^{1/3}/dt$.

4.3.3 Perencanaan untuk Aliran Subkritis

Perencanaan hidrolis mengikuti prosedur yang sama seperti pada perencanaan saluran tanpa pasangan yang dibicarakan dalam Bab 3. Saluran pasangan batu dan beton mempunyai koefisien *Strickler* yang lebih tinggi. Akibatnya potongan melintang untuk saluran-saluran tanpa pasangan ini akan lebih kecil daripada potongan melintang untuk saluran tanah dengan, kapasitas debit yang sama.

Ruas saluran pasangan direncanakan menurut kriteria angkutan sedimen, dan dengan demikian mengikuti $1\sqrt{R}$ konstan, kedalaman air untuk saluran pasangan sama dengan kedalaman air saluran tanpa pasangan seperti yang dibicarakan dalam Bab III. Lebar dasar lebih kecil daripada lebar dasar untuk saluran tanpa pasangan. Karena harga koefisien *Strickler* yang lebih tinggi pada saluran pasangan.

Untuk saluran pasangan, kemiringan talut bisa dibuat lebih curam. Untuk saluran yang lebih kecil ($h < 0,40$ m) kemiringan talut dibuat vertikal.

Saluran-saluran besar mungkin juga mempunyai kemiringan talut yang tegak dan direncanakan sebagai flum.

Untuk saluran yang lebih besar, kemiringan samping minimum 1:1 untuk h sampai dengan 0,75 m. Untuk saluran yang lebih besar, harga-harga kemiringan talut pada Tabel 4-3. dianjurkan pemakaiannya.

Tabel 4-3. Harga-Harga Kemiringan Talut untuk Saluran Pasangan

Jenis Tanah	$h < 0,75$ m	$0,75$ m $< h < 1,5$ m
Lempung pasiran		
Tanah pasiran kohesif	1,00	1,00
Tanah pasiran, lepas	1,00	1,25
Geluh pasiran, lempung berpori	1,00	1,50
Tanah gambut lunak	1,25	1,50

Khususnya saluran-saluran yang lebih besar, stabilitas talut yang diberi pasangan harus diperiksa agar tidak terjadi gelincir dan sebagainya. Tekanan air dari belakang pasangan merupakan faktor penting dalam keseimbangan ini.

4.3.4 Lengkung Saluran

Jari-jari minimum lengkung untuk saluran pasangan diambil tiga kali lebar permukaan air. Jika dibutuhkan tikunganyang lebih tajam, maka mungkin diperlukan kincir pengarah (*guide vane*) agar sebaran aliran di ujung tikungan itu lebih merata. Kehilangan tinggi energi tambahan juga harus diperhitungkan.

4.3.5 Tinggi Jagaan

Harga-harga minimum untuk tinggi jagaan adalah seperti yang disajikan pada Tabel 4-4. Harga-harga tersebut diambil dari USBR. Tabel ini juga menunjukkan tinggi jagaan tanggul tanah yang sama dengan tanggul saluran tanah tanpa pasangan.

Tabel 4-4. Tinggi Jagaan untuk Saluran Pasangan

Debit m^3/dt	Tanggul (F) m	Pasangan (F1) m
< 0,5	0,40	0,20
0,5 – 1,5	0,50	0,20
1,5 – 5,0	0,60	0,25
0,5 – 10,0	0,75	0,30
10,0 – 15,0	0,85	0,40
> 15,0	1,00	0,50

BAB V

TEROWONGAN DAN SALURAN TERTUTUP

5.1 Pemakaian

Pemakaian terowongan dianjurkan apabila trase saluran akan mengakibatkan potongan melintang berada jauh di dalam galian.

Saluran tertutup (juga disebut saluran gali-timbun) merupakan pemecahan yang dianjurkan pada bahan tanah dimana penggalian talut yang dalam sangat mungkin menyebabkan terjadinya longsoran.

Saluran tertutup di sepanjang tepi sungai dengan tinggi muka air saluran dibawah tinggi muka banjir sering dijumpai. Pembuang silang ke dalam saluran bawah tanah mungkin juga membutuhkan sebuah saluran tertutup.

Kriteria-kriteria penting untuk terowongan dan saluran tertutup adalah:

1. Topografi.
2. Geologi
3. Kedalaman tanah
4. Kondisi air tanah.

5.1.1 Topografi

Trase saluran terpendek mungkin melintasi dataran/tanah tinggi atau, daerah berbukit-bukit. Dalam hal ini akan dipertimbangkan penggalian yang dalam atau pembuatan terowongan sebagai alternatif dari pembuatan trase yang panjang dengan tinggi muka tanah yang lebih rendah. Biaya pembuatan saluran juga akan dibandingkan dengan biaya per meter untuk pembuatan terowongan atau saluran tertutup.

5.1.2 Geologi

Tipe serta kualitas tanah dan batuan penutup mempengaruhi cara pelaksanaan dan biayanya. Dibutuhkan keterangan mengenai tanah dan batuan pada trase yang

dipertimbangkan, guna mengevaluasi alternatif perencanaan. Khususnya untuk alternatif terowongan, perencanaan akan mencakup biaya/perbandingan berdasarkan hasil-hasil penyelidikan geologi teknik pendahuluan. Langkah berikutnya yang harus diambil adalah penyelidikan detail dan studi tentang alternatif yang dipilih.

5.1.3 Kedalaman Galian

Pada umumnya, galian sedalam 10 m akan mengacu pada dibuatnya terowongan sebagai cara pemecahan paling efektif. Panjang total terowongan serta kondisi geologi teknik dapat sedikit mempengaruhi angka penutup 10 m tersebut.

5.1.4 Kondisi Air Tanah

Aspek-aspek berikut harus diperhatikan kondisi air tanah :

- tekanan total di dalam trase akan memerlukan pasangan yang cukup kuat di sepanjang bangunan dan hal ini secara langsung menambah biaya pelaksanaan.
- air yang membawa partikel-partikel tanah bisa mempersulit pelaksanaan terowongan.
- aliran air di permukaan dapat mempersulit pelaksanaan penggalian dan penimbunan saluran.

5.2 Bentuk-Bentuk dan Kriteria Hidrolis

5.2.1 Terowongan

5.2.1.1 Kondisi Aliran

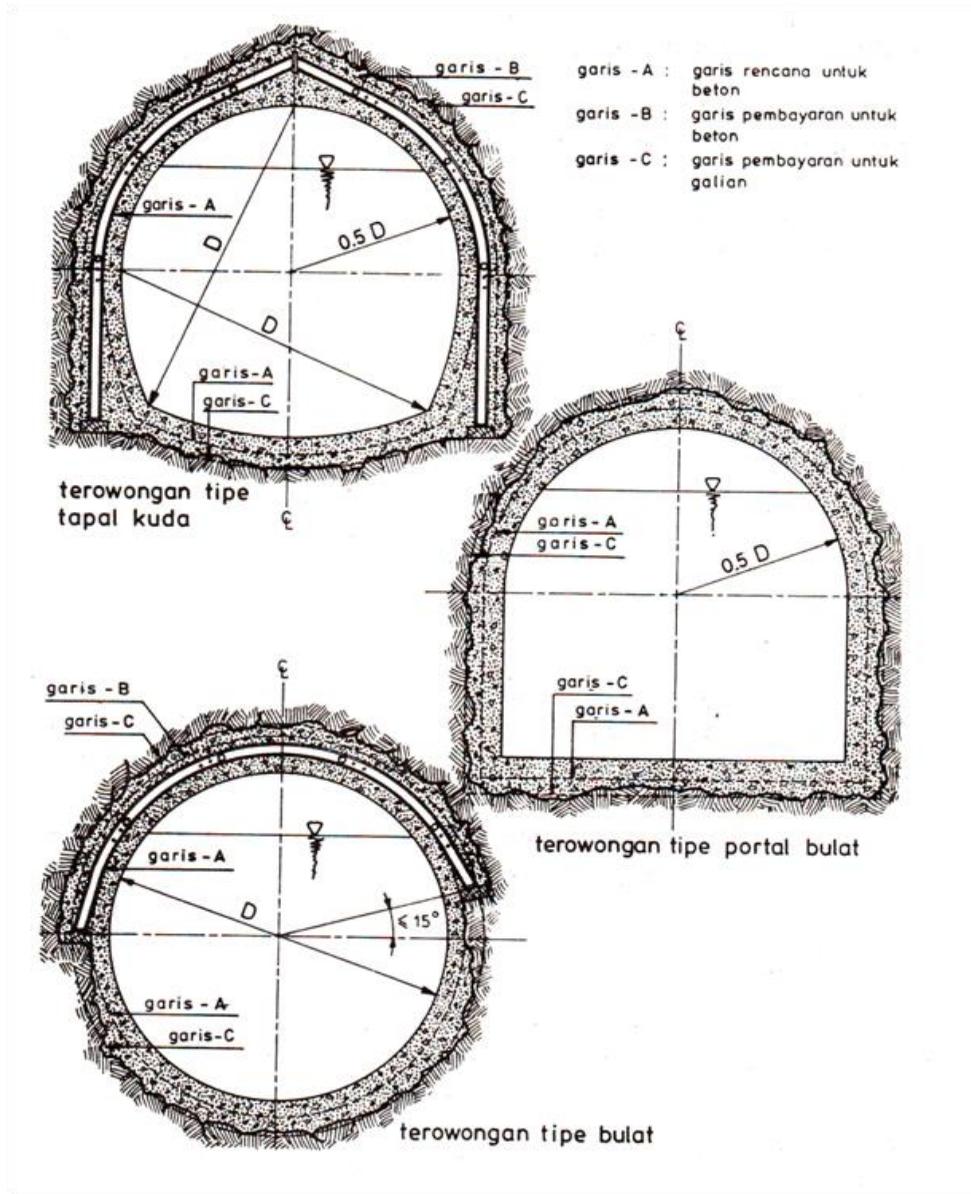
Terowongan yang dipakai dalam jaringan irigasi akan direncana sebagai aliran bebas (sebagian penuh). Perbedaan tinggi energi yang berlebihan pada as untuk memperhitungkan tekanan terowongan jarang ada.

5.2.1.2 Bentuk Potongan Melintang

Bentuk yang paling umum untuk sebuah terowongan aliran bebas adalah tipe tapal kuda, portal bulat dan bulat (lihat Gambar 5-1).

Bentuk tapal kuda dan portal bulat tersebut memiliki karakteristik hidrolis yang bagus untuk kondisi aliran bebas. Jagaan dapat diperoleh tanpa terlalu banyak kehilangan luas potongan melintang, dan langit-langit yang bulat memberikan penyangga bangunan.

Bentuk yang bulat lebih cocok untuk pipa tekan dimana tekanan dalam dan/atau luar, tinggi. Sebagai terowongan aliran bebas, karakteristik hidrolisnya tidak sebaik bentuk tapal kuda dan portal bulat. Akan tetapi, jika dijumpai adanya beban luar, maka bentuk terowongan bulat dapat dipilih karena sifat-sifat bangunannya yang lebih baik. Terowongan tradisional dengan bentuk segiempat tanpa lining/pasangan yang dibuat masyarakat setempat, kurang dapat dipertanggungjawabkan dari sisi kualitas dan keamanan bangunan. Semua pembuatan terowongan disyaratkan untuk diawasi oleh tenaga ahli, memakai *lining*/pasangan, dan memakai perkuatan sementara atau tidak.



Gambar 5-1. Bentuk-Bentuk Potongan Melintang Terowongan

5.2.1.3 Ukuran Minimum

Untuk memungkinkan penggalian dan penempatan peralatan mekanis dalam terowongan, diameternya tidak boleh kurang dari 1,8 - 2,0 m. Untuk saluran pipa dengan debit rencana yang rendah hal ini menghasilkan potongan melintang yang besar dan biaya pelaksanaan yang lebih tinggi. Jika terowongan itu pendek saja, maka diameternya dapat dibuat lebih kecil sampai 0,70 m dengan menerapkan berbagai teknik pelaksanaan.

5.2.1.4 Lengkungan

As terowongan biasanya dibuat mengikuti garis lurus untuk menghemat biaya pelaksanaan. Jika harus dibuat lengkungan, maka radius horizontalnya harus cukup besar untuk memungkinkan eksploitasi semua peralatan. Akan tetapi, jari-jari minimum diambil tidak kurang dari 5 kali diameter terowongan, jika tidak dipakai alat-alat khusus untuk membuat terowongan.

5.2.1.5 Penyangga dan Pasangan Terowongan

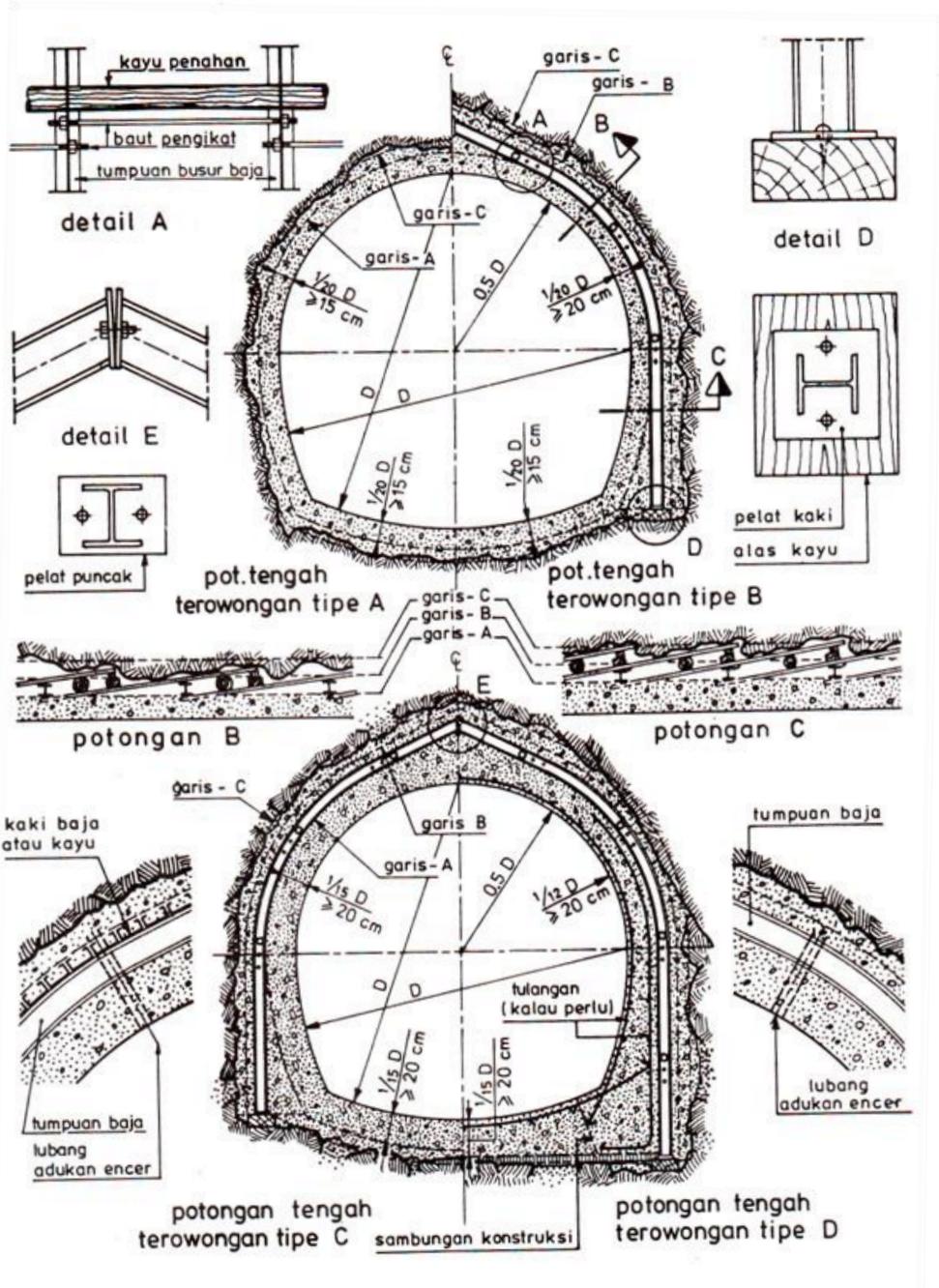
Biasanya sebuah terowongan memerlukan penyangga di bagian tertentu untuk menahan dinding dan atapnya agar pasangan dapat dibuat. Penyangga busur terowongan dengan rusuk baja dan kaki kayu sudah biasa dipakai. Pada batu yang keras dan segar, penyangga tidak lagi diperlukan (lihat Gambar 5-2 Tipe A).

Pasangan terowongan memberikan permukaan hidrolis yang mulus dan kapasitas debit yang lebih tinggi. Biasanya pasangan diperlukan untuk menyangga batu dan untuk mencegah perembesan.

Terowongan dapat digolong-golongkan menjadi empat tipe seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5-1 dan Gambar 5-2.

Tabel 5-1. Klasifikasi Tipe Terowongan

Tipe Terowongan	Kondisi Geologi	Tipe Penyangga	Tipe Pasangan
A	Batu candi yang segar dengan sedikit retakan	Tanpa penyangga atau batu – batu	Beton siraman (mortar atau pasangan beton tanpa tulangan)
B	Batu lapuk dengan sedikit retakan atau tanah keras yang sangat dipadatkan	Penyanggabaja bentukbusur terowongan	Pasangan beton tanpa tulangan
C	Batu lapuk, daerah patahan dan tanah keras	Penyangga baja bentuk busur	Pasangan beton tanpa tulangan
D	Batu sangat lapuk, tanah patah dan tanah lunak	Penyangga baja bentuk busur	Pasangan beton dengan atau tanpa tulangan



Gambar 5-2. Tipe-Tipe Potongan Melintang Terowongan

Tipe A dapat dipakai untuk terowongan yang digali di dalam batuan terbaik tanpa retakan, dan juga untuk terowongan-terowongan yang mampu berdiri cukup lama untuk pemasangan penyangga tanpa mengendorkan batu besar yang bisa menyebabkan keruntuhan bangunan. Pasangan yang diperlukan untuk tipe terowongan pada umumnya ini adalah beton tumbuk.

Tipe B dapat dipakai untuk terowongan yang digali didalam batu dengan sedikit retakan, dan juga untuk terowongan-terowongan yang tidak mampu berdiri cukup lama untuk memungkinkan pemasangan penyangga dengan mengendorkan batu besar dan bisa menyebabkan runtuhnya bangunan. Biasanya dibutuhkan penyangga baja bentuk busur terowongan. Pasangannya adalah beton tumbuk.

Tipe C dipakai untuk terowongan yang digali di dalam tanah keras, batuan lapuk dan daerah tanah patahan (*fracture zones*); membutuhkan pemasangan penyangga secara cepat, segera setelah dilakukan peledakan.

Tipe D dipakai untuk terowongan yang digali di dalam batu yang sangat lapuk (lapuk hingga lapisan yang dalam), daerah tanah pecahan dan patahan, serta tanah lunak yang mengandung air tanah.

Untuk perencanaan pasangan harga-harga standar pada Tabel 5-2 dan Gambar 5-2 dapat diambil. Harga-harga tersebut disadur dari USBR. Pasangan akan direncanakan sebagai bangunan guna menahan beban dalam dan luar, termasuk tekanan rembesan.

5.2.1.6 Peralihan

Pada bagian masuk (*inlet*) dan bagian keluar (*outlet*) terowongan, peralihan berguna untuk memperkecil kehilangan tinggi energi. Biasanya peralihan terdiri dari dua bagian:

- a. dari potongan melintang saluran ke potongan segi empat terowongan (pintu/portal terowongan).
- b. dari potongan segi empat ke potongan terowongan

Bagian a direncana seperti untuk peralihan boks gorong-gorong dan dibuat dari pasangan batu. Bagian b merupakan peralihan tertutup dengan panjang yang sama dengan diameter terowongan, minimum 2 m.

Tabel 5-2. Tabel Pasangan dari Beton dalam cm

Tipe Terowongan	Busur dan Dinding Samping	Bagian Bawah
A	1/20 D, min 15 cm	1/20 D, min 15 cm
B	1/20 D, min 20 cm	1/20 D, min 15 cm
C	1/15 D, min 20 cm	1/15 D, min 20 cm
D	1/12 D, min 20 cm	1/12 D, min 20 cm

D adalah diameter bagian dalam dari potongan terowongan, cm

5.2.1.7 Penutup Minimum

Kedalaman minimum penutup diperlukan untuk menjaga keamanan perencanaan dan konstruksi bangunan terowongan. Kedalaman minimum penutup disajikan pada Tabel 5-3.

5.2.2 Saluran Tertutup

Apabila diperkirakan akan timbul terlalu banyak kesulitan perencanaan dan konstruksi untuk menggunakan terowongan maka dapat dipertimbangkan pemakaian saluran tertutup. Hal ini terutama karena lapisan tanah yang ada terlalu sedikit untuk dibangun sebuah terowongan.

Tabel 5-3. Kedalaman Minimum Penutup (m) pada Potongan Terowongan

Uraian		Terowongan Dalam Batu	Terowongan Dalam Tanah
(1)	Potongan tanpa pasangan/ dengan pasangan atau lapisan beton	10 D_e , min 30 m	
(2)	Potongan dengan pasangan beton tumbuh dengan penyangga baja ringan	3 D_e , min 6 m	3 D_e , min 10 m
(3)	Potongan dengan pasangan beton tumbuh dengan penyangga baja berat	2 D_e , min 4 m	3 D_e , min 6 m
(4)	Potongan dengan pasangan beton bertulang dengan penyangga baja berat	1,0 D_e , min 2 m	1,5 D_e , min 3 m

D_e : Diameter potongan terowongan yang digali, m

Pertimbangan-pertimbangan perencanaan untuk saluran tertutup (atau saluran gali-dan-timbun) sama dengan pertimbangan-pertimbangan untuk perencanaan terowongan seperti yang telah dibahas dalam Subbab 5.2.1.

5.2.2.1 Kondisi Aliran

Aliran harus bebas.

5.2.2.2 Bentuk Potongan Melintang

Apabila tekanan tanah dan air di luar kecil, maka pada umumnya konstruksi akan terdiri dari pasangan batu dengan atap dari beton bertulang. Untuk debit rencana yang kecil dan luaspotongan melintang yang kecil pula, dapat dipertimbangkan penggunaan pipa-pipa beton bulat.

Jika tekanan di luar kuat maka pipa dari beton bertulang akan lebih cocok. Untuk debit kecil dan potongan-potongan melintang yang kecil diperlukan pipa bentuk bulat.

Kecepatan aliran yang tinggi dan luas potongan melintang yang besar mungkin memerlukan bentuk segi empat untuk pertimbangan-pertimbangan pelaksanaan.

5.2.2.3 Lengkung

Jari-jari horizontal dibuat lebar, biasanya untuk membatasi panjang dan penggalian yang diperlukan. Jari-jari minimum adalah 5 kali tinggi saluran.

5.2.2.4 Ukuran Minimum

Karena dipakai metode pelaksanaan galian terbuka, maka ukuran minimum boleh diambil 1,0 m dan 0,70 m untuk saluran pendek.

5.3 Perencanaan Hidrolis

5.3.1 Rumus Aliran

Untuk penghitungan aliran hidrolis di dalam terowongan atau saluran tertutup dipakai rumus *Strickler* :

$$v_a = k R^{2/3} I^{1/2} \dots\dots\dots 5-1$$

Dimana :

v_a = kecepatan aliran yang dipercepat didalam terowongan atau saluran tertutup, m/dt

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

R = jari-jari hidrolis, m

I = garis kemiringan energi (kemiringan hidrolis)

5.3.2 Koefisien Kekasaran dan Kecepatan Maksimum

Koefisien kekasaran *Strickler* (k) dan kecepatan maksimum ditunjukkan pada Tabel 5-4. Harga-harga yang diberikan di sini sudah cukup lama digunakan konservatif, untuk konstruksi-konstruksi besar boleh diambil harga-harga yang lebih tinggi tergantung pada metode pelaksanaannya.

Tabel 5-4. Harga-Harga Kecepatan Maksimum dan K (*Strickler*)

Bahan Konstruksi	$v_{maks}, m/dt$	$k, m^{1/3}/dt$
Pasangan batu	2	60
Beton	3	70

5.3.3 Kemiringan Hidrolis

Biaya pembuatan terowongan agak mahal dan oleh karena itu, perlu berhemat dalam membuat diameternya. Kemiringan hidrolis kemiringan terowongan dibuat curam jika tinggi energi yang tersedia cukup. Kecepatan rencana yang dihasilkan tidak boleh melampaui kecepatan maksimum dan tidak boleh dibawah kecepatan kritis dengan 0,75 kali kecepatan kritis sebagai harga praktis.

Konstruksi galian terbuka memperkecil potongan melintang saluran tertutup karena tanah harus dipindahkan. Bagaimanapun juga luas potongan melintang yang kecil tetap lebih murah daripada yang besar.

5.3.4 Tinggi Jagaan

Ditinjau dari segi hidrolika, tinggi jagaan sebuah terowongan 0,2 D dengan ukuran minimum sekitar 0,5 m umumnya dapat diterima secara internasional. Ini akan memberikan sekitar 10% kapasitas cadangan yang dinilai terlalu rendah untuk ketidakpastian perencanaan di Indonesia pada umumnya. Oleh karena itu dipakai tinggi jagaan 0,25 D yang berarti menambah kapasitas cadangan sampai kurang lebih 15 % dari debit rencana untuk terowongan bentuk tapal kuda.

Untuk saluran terhadap segi empat, tinggi jagaan akan diambil pada 0,2 H. H adalah tinggi bagian dalam saluran.

Agar benda-benda terapung dapat melewati terowongan dan saluran tertutup, maka tinggi minimum jagaannya diambil sama dengan tinggi jagaan saluran terbuka.

5.3.5 Perencanaan Potongan Melintang

Untuk perencanaan potongan melintang berbentuk tapal kuda dan lingkaran dapat dipakai Tabel A.3.4 dan A.3.5 Lampiran 3. Dimensi potongan melintang dan kehilangan tinggi energi (kemiringan hidrolis I) dapat dievaluasi dengan menggunakan tabel-tabel ini setelah dipilih v_a dan k seperti yang telah dibicarakan diatas.

Untuk potongan-potongan segi empat evaluasi kehilangan tinggi energi dan potongan melintang dilakukan langsung dengan menggunakan rumus *Strickler*. Lebar potongan melintang dibagi tinggi akan berkisar antara 1 dan 2.

5.3.6 Kehilangan Total Tinggi Energi

Kehilangan total tinggi energi di terowongan atau saluran tertutup adalah :

$$\Delta H = \Delta H_{\text{masuk}} + \Delta H_{\text{fr}} + \Delta H_{\text{B}} + \Delta H_{\text{keluar}} \dots\dots\dots 5-2$$

dimana :

$\Delta H_{\text{masuk}}, \Delta H_{\text{keluar}}$ = kehilangan tinggi energi masuk dan keluar, m

ΔH_{fr} = kehilangan tinggi energi akibat gesekan disepanjangpipa, m

ΔH_{B} = kehilangan tinggi energi pada tikungan, m

Kehilangan tinggi energi masuk dan keluar dinyatakan dengan rumus berikut :

$$\Delta H_{\text{masuk}} : \xi_{\text{masuk}} = \frac{(V_a - V)^2}{2g} \dots\dots\dots 5-3$$

$$\Delta H_{\text{keluar}} : \xi_{\text{keluar}} = \frac{(V_a - V)^2}{2g} \dots\dots\dots 5-4$$

dimana :

$\Delta H_{\text{masuk}}, \Delta H_{\text{keluar}}$ = kehilangan tinggi energi masuk dan keluar, m

$\xi_{\text{masuk}}, \xi_{\text{keluar}}$ = koefisien kehilangan tinggi energi masuk dan keluar

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

v = kecepatan rata-rata di bagian hulu atau hilir, m/dt

Gambar 5-3. menyajikan harga-harga koefisien untuk berbagai peralihan dari potongan saluran terbuka sampai potongan saluran tertutup. Luas potongan melintang basah dalam peralihan tertutup diambil sama dengan luas potongan melintang saluran tertutup. Oleh karena itu kehilangan tinggi energi di dalam saluran tertutup adalah sama dengan kehilangan akibat gesekan bisa dalam saluran tertutup.

5.3.7 Kehilangan Tinggi Energi pada Siku dan Tikungan Saluran Tertutup

Perubahan arah aliran dan sebaran kecepatannya memerlukan kehilangan air ekstra. Kehilangan tinggi energi pada siku dan tikungan dapat dinyatakan sebagai:

$$\Delta H_B = K_b \frac{v_a^2}{2g} \dots\dots\dots 5-5$$

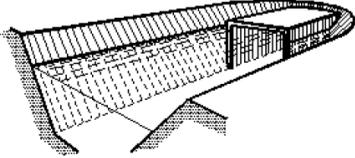
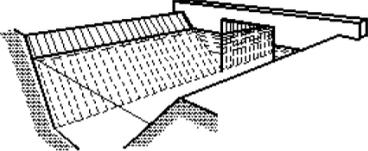
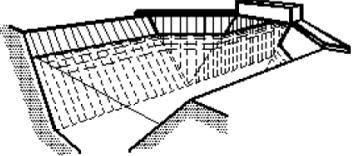
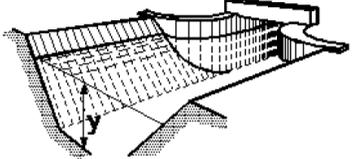
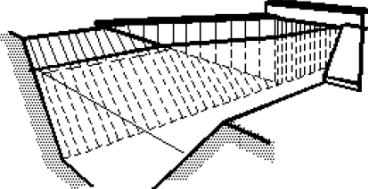
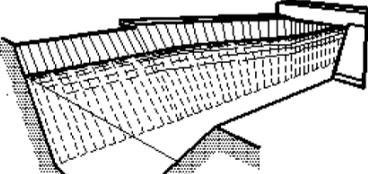
K_b adalah koefisien kehilangan tinggi energi untuk siku dan tikungan saluran tertutup.

Harga-harga siku K_b disajikan pada Tabel 5-5.

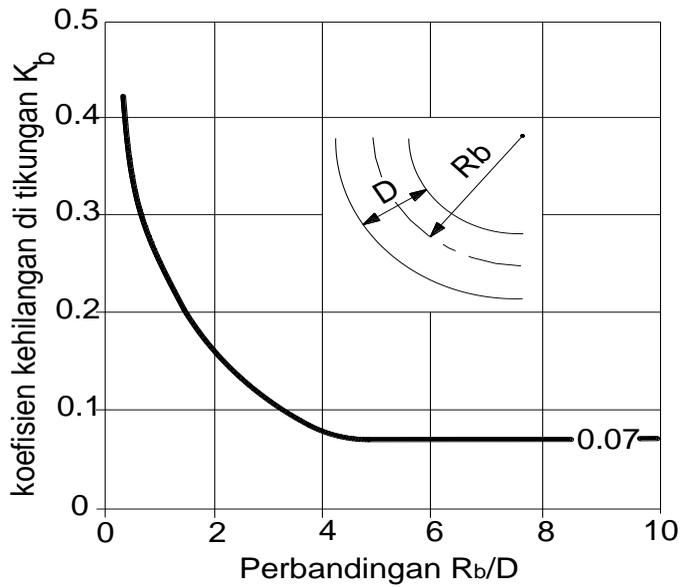
Biasanya saluran pipa direncana dengan kurvahorizontal yang cukup besar yang dapat memperbaiki pembagian kecepatan pada tikungan dan mengurangi kehilangan pada tikungan tersebut. Gambar 5-4. menyajikan harga-harga K_b untuk saluran tertutup yang berdiameter besar menurut USBR.

Tabel 5-5. Harga-Harga K_b untuk Siku

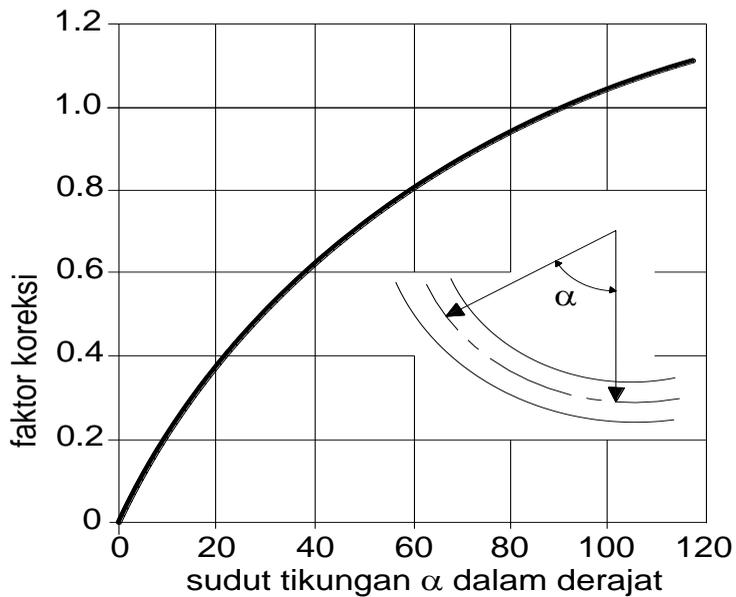
Sudut derajat	5°	10°	15°	22,5°	30°	45°	60°	70°	90°
Profil bulat	0,02	0,03	0,04	0,05	0,11	0,24	0,47	0,80	1,10
Profil segi empat	0,02	0,04	0,05	0,06	0,14	0,30	0,60	1,00	1,40

		Persamaan		
		5.3	5.4	
		ξ_{masuk}	ξ_{keluar}	
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
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 5-3. Harga-Harga Koefisien Kehilangan Tinggi Energi Masuk dan Keluar



Gambar 5-4. Harga-Harga K_b untuk Tikungan 90° pada Saluran Tertutup (USBR)



Gambar 5-5. Faktor Koreksi untuk Koefisien Kehilangan di Tikungan pada Saluran Tertutup

BAB VI

PERENCANAAN SALURAN PEMBUANG

6.1 Data Topografi

Data-data topografi yang diperlukan untuk perencanaan saluran pembuangan adalah:

- (a) Peta topografi dengan jaringan irigasi dan pembuang dengan skala 1:25.000 dan 1:5.000
- (b) Peta trase saluran dengan skala 1:2.000; dilengkapi dengan garis-garis ketinggian setiap interval 0,5 m untuk daerah datar atau 1,0 m untuk daerah berbukit-bukit
- (c) Profil memanjang dengan skala horizontal 1:2.000; dan skala vertikal 1:200 (atau 1 : 100 untuk saluran yang lebih kecil, jika diperlukan)
- (d) Potongan melintang dengan skala 1:200 (atau 1:100 untuk saluran yang lebih kecil jika diperlukan) dengan interval garis kontur 50 m untuk potongan lurus dan 25 m untuk potongan melengkung

Penggunaan peta foto udara dan ortofoto yang dilengkapi dengan garis-garis ketinggian sangat penting artinya, khususnya untuk perencanaan tata letak.

Perkembangan teknologi foto citra satelit kedepan dapat dipakai dan dimanfaatkan untuk melengkapi dan mempercepat proses perencanaan jaringan irigasi. Kombinasi antara informasi pengukuran teristris dan foto citra satelit akan dapat bersinergi dan saling melengkapi.

Kelebihan foto citra satelit dapat diperoleh secara luas dan beberapa jenis foto *landsat* mempunyai karakteristik khusus yang berbeda, sehingga banyak informasi lain yang dapat diperoleh antara lain dengan program/*software* yang dapat memproses garis kontur secara digital.

Foto-foto satelit ini dipakai untuk studi awal, studi identifikasi dan studi pengenalan, sedangkan pengukuran teristris untuk perencanaan pendahuluan dan perencanaan detail.

Kelemahan foto citra satelit tidak stereometris sehingga aspek beda tinggi kurang dapat diperoleh informasi detailnya tidak seperti pengukuran teristris, sedangkan dalam perencanaan irigasi presisi dalam pengukuran beda tinggi sangat penting. Meskipun demikian banyak informasi lain yang dapat dipakai sebagai pelengkap perencanaan jaringan irigasi antara lain sebagai *cross check* untuk perencanaan jaringan irigasi.

6.2 Data Rencana

6.2.1 Jaringan Pembuang

Pada umumnya jaringan pembuang direncanakan untuk mengalirkan kelebihan air secara gravitasi. Pembuangan kelebihan air dengan pompa biasanya tidak layak dari segi ekonomi.

Daerah-daerah irigasi dilengkapi dengan bangunan-bangunan pengendali banjir disepanjang sungai untuk mencegah masuknya air banjir kedalam sawah-sawah irigasi.

Kriteria perencanaan ini membahas jaringan pembuang yang cocok untuk pembuang air sawah-sawah irigasi yang tanamannya padi. Pembuangan untuk tanaman-tanaman lain dilakukan dengan sarana-sarana khusus didalam petak tersier. Misalnya, jika tanaman-tanaman ladang dipertimbangkan, maka metode-metode penyiapan lahan pada punggung medan dapat diterapkan.

Jika tanaman-tanaman selain padi akan ditanam secara besar-besaran, maka sebaiknya dipikirkan untuk membuat jaringan pembuang seperti yang dipakai tanaman padi.

Pembuangan air didaerah datar (misalnya dekat laut) dan daerah pasang surut yang dipengaruhi oleh muka air laut, sangat bergantung kepada muka air sungai saluran yang menampung air buangan ini, muka air ini memegang peranan penting dalam perencanaan kapasitas saluran pembuang maupun dalam perencanaan bangunan-bangunan khusus dilokasi ujung (muara) saluran pembuang bangunan yang dimaksud

misalnya pintu otomatis yang tertutup selama muka air sungai naik mencegah agar air sungai tidak masuk lagi ke saluran pembuang.

Di daerah-daerah yang diairi secara irigasi teknis, jaringan pembuang mempunyai dua fungsi:

- a. Sebagai pembuang *intern* untuk mengalirkan kelebihan air dari sawah untuk mencegah terjadinya genangan dan kerusakan tanaman atau untuk mengatur banyaknya air tanah sesuai dengan yang dibutuhkan oleh tanaman.
- b. Pembuang *ekstern* untuk mengalirkan air dari daerah luar irigasi yang mengalir melalui daerah irigasi.

Dalam hal pembuang intern, kelebihan air ditampung di dalam saluran pembuang kuarter dan tersier yang akan mengalirkannya ke dalam jaringan pembuang utama dari saluran pembuang sekunder dan primer.

Aliran buangan dari luar daerah irigasi biasanya memasuki daerah proyek irigasi melalui saluran-saluran pembuang alamiah yang akan merupakan bagian dari jaringan pembuang utama di dalam proyek tersebut.

6.2.2 Kebutuhan Pembuang untuk Tanaman Padi

Kelebihan air di dalam petak tersier bisa disebabkan oleh:

- 1) Hujan lebat;
- 2) Melimpahnya air irigasi atau buangan yang berlebihan dari jaringan primer atau sekunder ke daerah itu;
- 3) Rembesan atau limpahan kelebihan air irigasi di dalam petak tersier.

Kapasitas jaringan pembuang yang dapat dibenarkan secara ekonomi di dalam petak tersier tergantung kepada perbandingan berkurangnya hasil panen yang diharapkan akibat terdapatnya air yang berlebihan, serta biaya pelaksanaan dan pemeliharaan saluran pembuang tersebut dengan bangunan-bangunannya. Apabila kapasitas jaringan pembuang di suatu daerah kurang memadai untuk mengalirkan semua kelebihan air, maka air akan terkumpul di sawah-sawah yang lebih rendah. Muka air

di dalam cekungan/daerah depresi akan melonjak untuk sementara waktu, merusak tanaman, saluran serta bangunan.

Biasanya tanaman padi tumbuh dalam keadaan "tergenang" dan dengan demikian, dapat saja bertahan dengan sedikit kelebihan air. Untuk varietas unggul, tinggi air 10 cm dianggap cukup dengan tinggi muka air antara 5 sampai 15 cm dapat diizinkan. Kedalaman air yang lebih dari 15 cm harus dihindari, karena air yang lebih dalam untuk jangka waktu yang lama akan mengurangi hasil panen varietas lokal unggul dan khususnya varietas biasa (tradisional) kurang sensitif demikian juga tinggi air yang melebihi 20 cm tetap harus di hindari. Besar kecilnya penurunan hasil panen yang diakibatkan oleh air berlebihan bergantung kepada:

- 1) Dalamnya lapisan air yang berlebihan
- 2) Berapa lama genangan yang berlebihan itu berlangsung
- 3) Tahapan pertumbuhan tanaman, dan
- 4) Varietas padi.

Tahap-tahap pertumbuhan padi yang paling peka terhadap banyaknya yang berlebihan adalah selama transplantasi (pemindahan bibit ke sawah persemaian dan permulaan masa berbunga). Periode merosotnya panen secara tajam akan terjadi apabila dalamnya lapisan air di sawah melebihi separuh dari tinggi tanaman padi selama tiga hari atau lebih. Jika tanaman padi tergenang air sedalam lebih dari 20 cm selama jangka waktu lebih dari 3 hari maka hampir dapat dipastikan bahwa tidak akan ada panen.

Dalam budidaya padi metode SRI, genangan air pada saat-saat tertentu disarankan untuk dibuang secepatnya dalam rangka memberi kesempatan aerasi akar tanaman, tanpa mengakibatkan *stress* tanaman.

Jumlah kelebihan air yang harus dikeringkan per petak disebut modulus pembuang atau koefisien pembuang dan ini bergantung pada:

- 1) Curah hujan selama periode tertentu
- 2) Pemberian air irigasi pada waktu itu
- 3) Kebutuhan air tanaman

- 4) Perkolasi tanah
- 5) Tampungan di sawah-sawah selama atau pada akhir periode yang bersangkutan
- 6) Luasnya daerah
- 7) Sumber-sumber kelebihan air yang lain.

Pembuang permukaan untuk petak dinyatakan sebagai:

$$D(n) = R(n)_T + n (I - ET - P) - \Delta S \dots\dots\dots 6-1$$

dimana :

- n = jumlah hari berturut-turut
- D(n) = limpasan pembuang permukaan selama n hari, mm
- R(n)_T = curah hujan dalam n hari berturut-turut dengan periode ulang T tahun, mm
- I = pemberian air irigasi, mm/hari
- ET = evapotranspirasi, mm/hari
- P = perkolasi, mm/hari
- ΔS = tampungan tambahan, mm.

Untuk penghitungan modulus pembuangan, komponennya dapat diambil sebagai berikut:

a. Dataran Rendah

- Pemberian air irigasi I sama dengan nol jika irigasi di hentikan atau
- Pemberian air irigasi I sama dengan evapotranspirasi ET jika irigasi diteruskan
- Kadang-kadang pemberian air irigasi dihentikan di dalam petak tersier, tetapi air dari jaringan irigasi utama dialirkan kedalam jaringan pembuang
- Tampungan tambahan disawah pada 150 mm lapisan air maksimum, tampungan tambahan ΔS pada akhir hari-hari berturutan n diambil maksimum 50 mm
- Perkolasi P sama dengan nol

b. Daerah Terjal

Seperti untuk kondisi dataran rendah tetapi dengan perkolasi P sama dengan 3 mm/ hari.

Untuk modulus pembuang rencana dipilih curah hujan 3 hari dengan periode ulang 5 tahun. Kemudian modulus pembuang tersebut adalah:

$$D_m = \frac{D(3)}{3 \times 8,64} \dots\dots\dots 6-2$$

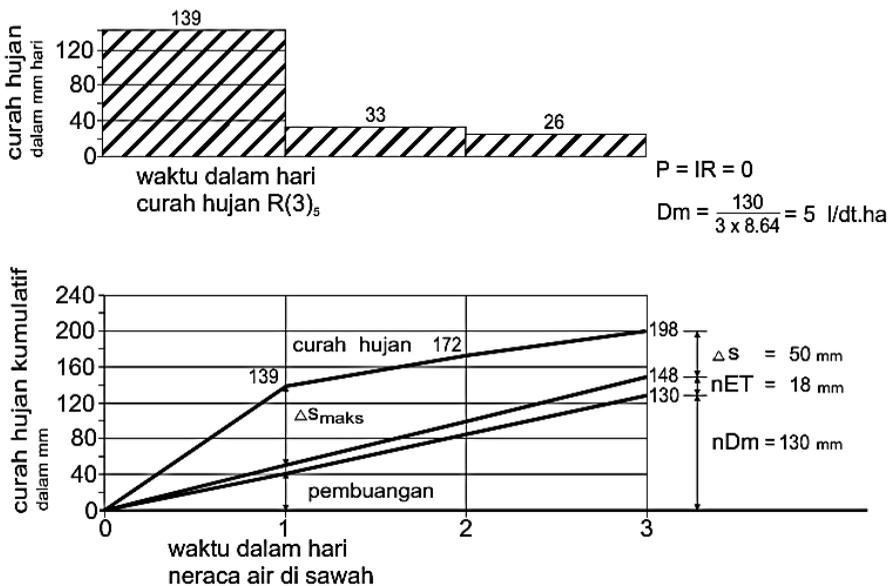
dimana :

D_m = modulus pembuang, ltr/dt. ha

$D(3)$ = limpasan pembuang permukaan selama 3 hari, mm

1 mm/ hari = 1/8,64 ltr/dt.ha

Dalam Gambar 6-1,persamaan diatas disajikan dalam bentuk grafik sebagai contoh. Dengan menganggap harga-harga untuk R, ET, I dan ΔS , modulus pembuang dapat dihitung.



Gambar 6-1. Contoh Perhitungan Modulus Pembuang

Untuk daerah-daerah sampai seluas 400 ha pembuang air per petak di ambil konstan. Jika daerah-daerah yang akan dibuang airnya yang lebih besar akibat menurunnya curah hujan (pusat curah hujan sampai daerah curah hujan) dan dengan demikian tampungan sementara yang relatif lebih besar, maka dipakai harga pembuang yang lebih kecil per petak; lihat Gambar 6-2.).

Debit pembuang rencana dari sawah dihitung sebagai berikut:

$$Q_d = 1,62 D_m A^{0,92} \dots\dots\dots 6-3$$

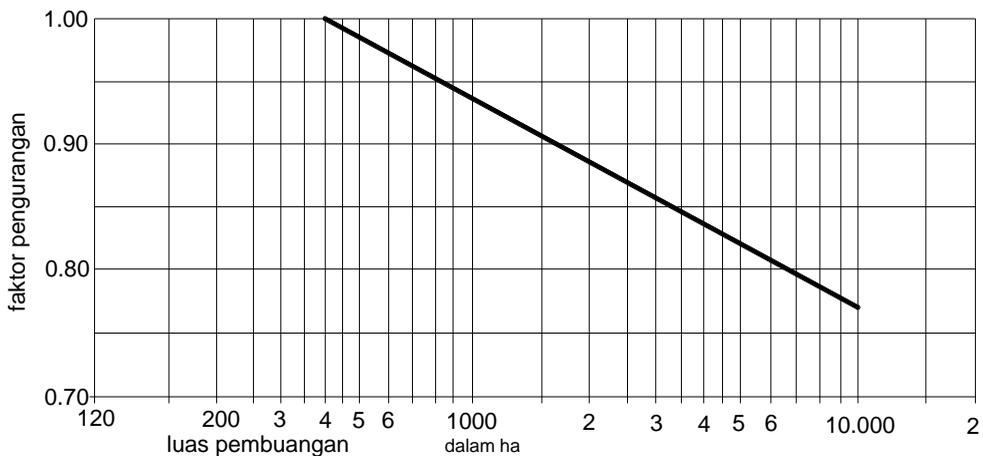
dimana :

Q_d = debit pembuang rencana, l/dt

D_m = modulus pembuang, l/dt.ha

A = luar daerah yang dibuang airnya, ha

Faktor pengurangan luas yang dibuang airnya $1,62 A^{0,92}$ diambil dari Gambar 6-2 yang digunakan untuk daerah tanaman padi di Jawa dan juga dapat digunakan di seluruh Indonesia.



Gambar 6-2. Faktor Pengurangan Luar Areal yang Dibuang Airnya

c. Daerah Kering

Pada daerah kering dengan ketersediaan air terbatas maka dapat diterapkan budaya tanam padi dengan pola intensif atau pola kering yaitu sistem SRI, dimana tidak dilakukan penggenangan air pada kisaran 5 sampai 15 cm. Hal ini menyebabkan petani akan membuka galengan selama musim hujan. Oleh sebab itu akan menyebabkan drainage modul mempunyai nilai lebih besar sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut. Dimensi saluran pembuang pada cara ini diduga lebih besar dari pada dimensi saluran pembuang cara konvensional/biasa.

6.2.3 Kebutuhan Pembuang untuk Sawah Non Padi

Untuk pembuang sawah yang ditanami selain padi, ada beberapa daerah yang perlu diperhatikan yakni:

- Daerah-daerah aliran sungai yang berhutan
- Daerah-daerah dengan tanaman-tanaman ladang (daerah-daerah terjal)
- Daerah-daerah permukiman

Dalam merencanakan saluran-saluran pembuang untuk daerah-daerah dimana padi tidak ditanam, ada dua macam debit yang perlu dipertimbangkan, yaitu :

- debit puncak maksimum dalam jangka waktu pendek dan
- debit rencana yang dipakai untuk perencanaan saluran

a. Debit Puncak

Debit puncak untuk daerah-daerah yang dibuang airnya sampai seluas 100 km² dihitung dengan rumus “*Der Weduwen*”, yang didasarkan pada pengalaman mengenai sungai-sungai di Jawa; rumus-rumus lain bisa digunakan juga.

Rumus tersebut adalah :

$$Q_d = \alpha \beta q A \dots\dots\dots 6-4$$

dimana :

Q_d = debit puncak, m³/dt

α = koefisien limpasan air hujan (*run off*)

β = koefisien pengurangan luas daerah hujan

q = curah hujan, $m^3/dt \cdot km^2$

A = luas aeral yang dibuang airnya, km^2

Lampiran 3 menyajikan cara pemecahan secara grafis untuk rumus *Der Weduwen* bagi daerah yang besar curah hujan seharinya $R(1)$ 240 mm/hari. I adalah kemiringan rata-rata saluran pembuang.

Untuk harga-harga $R(1)$ yang bukan 240 mm/hari rumus *Der Weduwen* tersebut sebaiknya dipecahkan secara terpisah. Untuk penjelasan lebih lanjut, lihat Bagian KP – 01 Perencanaan Jaringan Irigasi, Lampiran 1.

Rumus-rumus lain juga bisa digunakan mengacu pada SNI tentang Perhitungan Debit Banjir dan penjelasannya dapat dilihat pada KP-01 Lampiran 1.

Air buangan dari daerah-daerah kampung ke jaringan pembuang bisa sangat tinggi, karena tampungan dan laju perkolasi yang terbatas.

b. Debit Rencana

Debit rencana didefinisikan sebagai volume limpasan air hujan dalam waktu sehari dari suatu daerah yang akan dibuang airnya yang disebabkan oleh curah hujan sehari di daerah tersebut. Air hujan yang tidak tertahan atau merembes dalam waktu satu hari, diandaikan mengalir dalam waktu satu hari, diandaikan mengalir dalam waktu satu hari itu juga, ini menghasilkan debit rencana yang konstan dihitung sebagai berikut (USBR, 1973)

$$Q_d = 0,116 \alpha R(1)_5 A^{0,92} \dots\dots\dots 6-5$$

dimana :

Q_d = debit rencana, l/dt

α = koefisien limpasan air hujan (lihat Tabel 6-1)

$R(1)_5$ = curah hujan sehari, m dengan kemungkinan terpenuhi 20%

A = luas daerah yang dibuang airnya, ha

Untuk menentukan harga koefisien limpasan air hujan, akan dipakai hasil-hasil "metode kurve bilangan" dari *US Soil Conservation Service*. Untuk uraian lebih lanjut, baca USBR *Design of Small Dams*.

Tabel 6-1. Harga-Harga Koefisien Limpasan Air Hujan untuk Perhitungan Qd

Penutup Tanah	Kelompok Hidrologis Tanah	
	C	D
Hutan lebat	0,60	0,70
Hutan tidak lebat	0,65	0,75
Tanaman ladang (daerah terjal)	0,75	0,80

Penjelasan mengenai kelompok hidrologis tanah adalah sebagai berikut:

- a. Kelompok C: Tanah yang mempunyai laju infiltrasi rendah (1 – 4 mm/jam) apabila dalam keadaan jenuh samasekali dan terutama terdiri dari tanah dengan lapisan yang menahan gerak turun air, atau tanah dengan tekstur agak halus sampai halus. Tanah-tanah ini memiliki laju penyebaran (transmisi) air yang rendah.
- b. Kelompok D: (potensi limpasan tinggi) Tanah yang mempunyai laju infiltrasi amat rendah (0 – 1 mm/jam) apabila dalam keadaan jenuh sama sekali dan terutama terdiri dari tanah lempung dengan potensi mengembang yang tinggi, tanah dengan muka air tanah tinggi yang permanent, tanah dengan lapisan liat di atau di dekat permukaan, dan tanah dangkal pada bahan yang hampir kedap air. Tanah-tanah ini memiliki laju penyebaran air yang lamban.

6.2.4 Debit Pembuang

Debit rencana akan dipakai untuk merencanakan kapasitas saluran pembuang dan tinggi muka air. Debit pembuang terdiri dari air buangan dari :

- sawah, seperti dalam Subbab 6.2.2 atau dari
- tempat-tempat lain di luar sawah. seperti dalam Subbab 6.2.3

Jaringan pembuang akan direncanakan untuk mengalirkan debit pembuang rencana dari daerah-daerah sawah dan non sawah di dalam maupun di luar (pembuang silang). Muka air yang dihasilkan tidak boleh menghalangi pembuangan air dari sawah-sawah di daerah irigasi.

Debit puncak akan dipakai untuk menghitung muka air tertinggi jaringan pembuang. Muka air tertinggi ini akan digunakan untuk merencanakan sarana pengendalian

banjir dan bangunan. Selama terjadi debit puncak terhalangnya pembuangan air dari sawah dapat diterima. Tinggi muka air puncak sering melebihi tinggi muka tanah, dalam hal ini sarana-sarana pengendali banjir akan dibuat di sepanjang saluran pembuang, dimana tidak boleh terjadi penggenangan.

Periode ulang untuk debit puncak dan debit rencana berbeda untuk debit puncak, periode ulang dipilih sebagai berikut :

- 5 tahun untuk saluran pembuang kecil di daerah irigasi atau
- 25 tahun atau lebih, bergantung pada apa yang akan dilindungi, untuk sungai periode ulangnya diambil sama dengan saluran pembuang yang besar.

Periode ulang debit rencana diambil 5 tahun.

Perlu dicatat bahwa debit puncak yang sudah dihitung bisa dikurangi dengan cara menampung debit puncak tersebut. Tampungan dapat dibuat didalam atau di luar daerah irigasi.

Misalnya ditempat dimana pembuang silang memasuki daerah irigasi melalui gorong-gorong yang disebelah hulunya boleh terdapat sedikit genangan. Didalam jaringan irigasi tampungan dalam jaringan saluran dan daerah cekungan akan dapat meratakan debit puncak di bagian hilir. Debit puncak juga akan dikurangi dengan cara membiarkan penggenangan terbatas (untuk jangka waktu yang pendek) didalam daerah irigasi. Akan tetapi, penggenangan terbatas mungkin tidak dapat diterima.

Pada pertemuan dua saluran pembuang dimana dua debit puncak bertemu, debit puncak yang tergabung dihitung sebagai berikut :

1. Apabila dua daerah yang akan dibuang airnya kurang lebih sama luasnya (40 sampai 50% dari luas total), debit puncak dihitung sebagai 0,8 kali jumlah kedua debit puncak.
2. Jika daerah yang satu jauh lebih kecil dari daerah yang satunya lagi (kurang 20% dari luas keseluruhan), maka gabungan kedua debit puncak dihitung sebagai daerah total.
3. Bila %tase itu berkisar antara 20 dan 40% maka gabungan kedua debit puncak dihitung dengan interpolasi antara harga-harga dari no.1 dan 2 diatas.

Untuk menghitung debit rencana pada pertemuan dua saluran pembuang, debit rencana yang tergabung dihitung sebagai jumlah debit rencana dari kedua saluran pembuang hulu.

Pada pertemuan saluran pembuang dari daerah irigasi dengan saluran pembuang dari luar daerah irigasi dapat didekati dengan memakai koefisien seperti pada kriteria perencanaan pertemuan dua saluran pembuang intern dengan jalan :

1. Dihitung lebih dahulu besarnya debit aliran dari daerah irigasi
2. Dihitung debit aliran pembuang luar dengan mempertimbangkan jarak atau panjang saluran, kemiringan, luas daerah pengaliran, lengkung intensitas hujan
3. Besaran koefisien yang dipakai sebagai perbandingan adalah besar debit sebagai pengganti perbandingan luas dari daerah pembuangan.

Besarnya koefisien yang dipakai pada pertemuan aliran internal dan aliran external, tergantung perbandingan besar debit aliran yaitu :

- Jika selisih perbandingan besar debit antara 0,40 - 0,50 dari jumlah debit maka dipakai koefisien 0,8.
- Jika perbandingan besar debit kurang dari 0,20 dari jumlah debit maka debit di hilir adalah jumlah dari kedua debit.
- Jika perbandingan besar debit antara 0,20 – 0,40 dari jumlah debit maka dihitung dengan cara interpolasi.

Perhitungan debit pembuang/drainase dapat dihitung dengan tata cara perhitungan debit dalam SNI. Salah satu cara yang sering dipakai adalah dengan cara Rasional, metode/cara ini merupakan metode lama yang masih digunakan untuk memperkirakan debit aliran daerah dengan luasan kecil, umumnya kurang dari 500ha. Asumsi dasar metode ini antara lain, puncak limpasan terjadi pada saat seluruh daerah ikut melimpas, yang merupakan fungsi dari intensitas hujan yang durasinya sama dengan waktu konsentrasi. Intensitas hujan diasumsikan tetap dan seragam di seluruh daerah.

6.3 Data Mekanika Tanah

Masalah utama dalam perencanaan saluran pembuang adalah ketahanan bahan saluran terhadap erosi dan stabilitas talut.

Data- data yang diperlukan untuk tujuan ini mirip dengan data-data yang dibutuhkan untuk perencanaan saluran irigasi.

Pada umumnya data yang diperoleh dari penelitian tanah pertanian akan memberikan petunjuk/ indikasi yang baik mengenai sifat-sifat mekanika tanah yang akan dipakai untuk trase saluran pembuang.

Karena trase tersebut biasanya terletak di cekungan (daerah depresi) tanah cenderung untuk menunjukkan sedikit variasi. Dalam banyak hal, uji lapisan dan batas cair (liquid limit) pada interval 0,5 km akan memberikan cukup informasi mengenai klasifikasi seperti dalam *Unified Soil Classification System* (lihat Tabel 2-4.). Apabila dalam pengujian tersebut sifat-sifat tanah menunjukkan banyak variasi, maka interval tersebut harus dikurangi.

BAB VII

RENCANA SALURAN PEMBUANG

7.1 Perencanaan Saluran Pembuang yang Stabil

Perencanaan saluran pembuang harus memberikan pertimbangan biaya pelaksanaan dan pemeliharaan yang terendah. Ruas-ruas harus stabil terhadap erosi dan sedimentasi minimal pada setiap potongan melintang dan seimbang.

Dengan adanya saluran pembuang, air dari persawahan menjadi lebih bersih dari sedimen. Erosi di saluran pembuang akan merupakan kriteria yang menentukan. Kecepatan rencana hendaknya tidak melebihi kecepatan maksimum yang diizinkan. Kecepatan maksimum yang diizinkan bergantung kepada bahan tanah serta kondisinya.

Saluran pembuang direncana di tempat-tempat terendah dan melalui daerah-daerah depresi. Kemiringan alamiah tanah dalam trase ini menentukan kemiringan memanjang saluran pembuang tersebut.

Apabila kemiringan dasar terlalu curam dan kecepatan maksimum yang diizinkan akan terlampaui, maka harus dibuat bangunan pengatur (terjun).

Kecepatan rencana sebaiknya diambil sama atau mendekati kecepatan maksimum yang diizinkan, karena debit rencana atau debit puncak tidak sering terjadi, debit dan kecepatan aliran pembuang akan lebih rendah dibawah kondisi eksploitasi rata-rata.

Khususnya dengan debit pembuang yang rendah, aliran akan cenderung berkelok – kelok (meander) bila dasar saluran dibuat lebar. Oleh karena itu, biasanya saluran pembuang direncana relatif sempit dan dalam. Variasi tinggi air dengan debit yang berubah – ubah biasanya tidak mempunyai arti penting. Potongan – potongan yang dalam akan memberikan pemecahan yang lebih ekonomis.

Kemiringan dasar saluran pembuang biasanya mengecil di sebelah hilir sedangkan debit rencana bertambah besar. Parameter angkutan sedimen relatif $V\sqrt{R}$ dalam prakteknya akan menurun di sebelah hilir akibat akar R kuadrat. Sejauh berkenaan

dengan air buangan yang relatif bersih dari sawah, hal ini tidak akan merupakan masalah yang berarti. Keadaan ini harus dihindari apabila air buangan yang bersedimen harus dialirkan.

Bila saluran air alamiah digunakan sebagai saluran pembuang, maka umumnya akan lebih baik untuk tidak mengubah trasenya karena saluran alamiah ini sudah menyesuaikan potongan melintang dan kemiringannya dengan alirannya sendiri.

Dasar dan talutnya mempunyai daya tahan yang lebih tinggi terhadap kikisan jika dibandingkan dengan saluran pembuang yang baru dibangun dengan kemiringan talut yang sama.

Pemantapan saluran air dan sungai alamiah untuk menambah kapasitas pembuang sering terbatas pada konstruksi tanggul banjir dan sodetan dari lengkung meander.

Air dari saluran pembuang mempunyai pengaruh negatif pada muka air tanah atau pada air yang masuk dari laut dan sebagainya. Oleh sebab itu perencana harus mempertimbangkan faktor tersebut dengan hati-hati guna memperkecil dampak yang mungkin timbul.

7.2 Rumus dan Kriteria Hidrolis

7.2.1 Rumus Aliran

Untuk perencanaan potongan saluran pembuang, aliran dianggap sebagai aliran tetap dan untuk itu diterapkan rumus *Strickler (Manning)* lihat juga Subbab 3.2.1.

$$v = k R^{2/3} I^{1/2} \dots\dots\dots 7-1$$

dimana :

v = kecepatan aliran, m/dt

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

R = jari-jari hidrolis, m

I = kemiringan energi

7.2.2 Koefisien Kekasaran *Strickler*

Koefisien *Strickler*(k) bergantung kepada sejumlah faktor, yakni:

- Kekasaran dasar dan talut saluran
- Lebatnya vegetasi
- Panjang batang vegetasi
- Ketidakteraturan dan trase, dan
- Jari-jari hidrolis dan dalamnya saluran.

Karena saluran pembuang tidak selalu terisi air, vegetasi akan mudah sekali tumbuh disitu dan banyak mengurangi harga k. Penyiangan yang teratur akan memperkecil harga pengurangan ini. Harga-harga k pada Tabel 7-1. yang dipakai untuk merencanakan saluran pembuang, mengandaikan bahwa vegetasi dipotong secara teratur.

Tabel 7-1. Koefisien Kekasaran *Strickler* untuk Saluran Pembuang

Jaringan Pembuang Utama	$k \text{ m}^{1/3}/\text{dt}$
$h^{1*}) > 1,5 \text{ m}$	30
$h \leq 1,5 \text{ m}$	25

Untuk saluran-saluran alamiah tidak ada harga umum k yang dapat diberikan. Cara terbaik untuk memperkirakan harga itu ialah membandingkan saluran-saluran alamiah tersebut dengan harga-harga k dijelaskan didalam keputusan yang relevan (sebagai contoh, lihat *Ven Te Chow*, 1985).

7.2.3 Kecepatan Maksimum yang Diizinkan

Penentuan kecepatan maksimum yang di izinkan untuk saluran pembuang dengan bahan kohesif mirip dengan yang diambil untuk saluran irigasi;

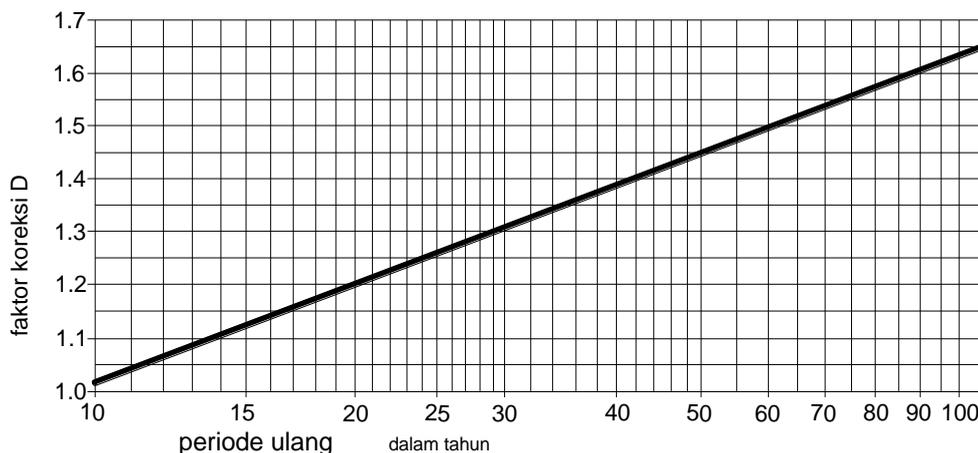
Lihat subbab 3.2.4.

$$V_{maks} = v_b \times A \times B \times C \times D \dots\dots\dots 7-2$$

Faktor D ditambahkan apabila dipakai banjir rencana dengan periode ulang yang tinggi. Dianggap bahwa kelangkaan terjadinya banjir dengan periode ulang diatas 10

^{1*)} h = kedalaman air di saluran pembuang, m.

tahun menyebabkan terjadinya sedikit kerusakan akibat erosi. Ini dinyatakan dengan menerima v_{maks} yang lebih tinggi untuk keadaan semacam ini; lihat Gambar 7-1 untuk harga-harga D. D sama dengan 1 untuk priode ulang dibawah 10 tahun.



Gambar 7-1. Koefesien Koreksi untuk Berbagai Periode Ulang D

Untuk jaringan pembuangan *intern*, air akan dihitung sebagai bebas sedimen. Untuk aliran pembuang silang, asal air harus diperiksa. Jika air itu berasal dari daerah-daerah yang berpembuang alamiah, maka konsentrasi sedimen dapat diambil 3.000 ppm. Air dihitung sebagai bebas sedimen, apabila air pembuang silang berasal dari daerah persawahan.

Untuk konstruksi pada tanah-tanah nonkohesif, kecepatan dasar yang diizinkan adalah 0,6 m/dt.

Apabila dikehendaki saluran pembuang juga direncanakan mempunyai fungsi untuk menunjang pemeliharaan lingkungan dan cadangan air tanah maka kecepatan saluran pembuang pada daerah yang memerlukan konservasi lingkungan tersebut dapat dikurangi. Hal ini dimaksudkan untuk memperbesar waktu dan tekanan infiltrasi dan sehingga akan menambah kapasitas peresapan air kedalam tanah, namun perlu

dipertimbangkan adanya perubahan dimensi saluran yang lebih besar akibat pengurangan kecepatan ini.

7.2.4 Tinggi Muka Air

Tinggi muka air saluran pembuang di jaringan intern bergantung kepada fungsi saluran.

Di jaringan tersier, saluran tanah membuang airnya langsung ke saluran pembuangan (kuarter dan tersier) dan tinggi muka air pembuang rencana mungkin sama dengan tinggi permukaan air tanah.

Jaringan pembuang primer menerima air buangan dari petak-petak tersier dilokasi yang tepat. Tinggi muka air rencana di jaringan utama ditentukan dengan muka air yang diperlukan di ujung saluran pembuang tersier.

Tinggi muka air di jaringan pembuang primer yang berfungsi untuk pembuang air dari sawah dan mungkin daerah-daerah bukan sawah dihitung sebagai berikut:

- Untuk pengaliran debit rencana, tinggi muka air mungkin naik sampai sama dengan tinggi permukaan tanah.
- Untuk pengaliran debit puncak, pembuang air dari sawah dianggap nol; harga-harga tinggi muka air yang diambil ditunjukkan pada Gambar 7-2.

Konsep dasar perencanaan saluran pembawa tidak menghendaki adanya pengendapan di saluran sedangkan pada perencanaan saluran pembuang diusahakan agar air cepat dapat dibuang sehingga tidak menyebabkan penggenangan yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman/padi.

Sejalan dengan menguatnya aspek lingkungan maka saluran pembuang dapat direncanakan dengan kecepatan yang tidak terlalu tinggi dengan tujuan agar terjadi infiltrasi yang besar sebelum mengalir kembali ke sungai. Hal ini dimaksudkan untuk membantu kualitas lingkungan yang lebih hijau, memperbesar cadangan air tanah dan mengurangi debit air di saluran pembuang.

Batas atas kecepatan yang diizinkan adalah kecepatan yang tidak menyebabkan erosi untuk jenis tanah tertentu pada saluran dan dapat dihitung berdasar gaya seret. Batas atas kecepatan yang diizinkan atau yang tidak menyebabkan erosi, untuk

saluran lurus dengan kemiringan kecil serta kedalaman aliran lebih kecil dari 0,90 m menurut *U.S Bureau of Reclamation (Fortier dan Scobey 1925)* sebagai berikut :

Tabel 7-2. Kecepatan Maksimum yang Diizinkan (oleh *Portier dan Scobey*)

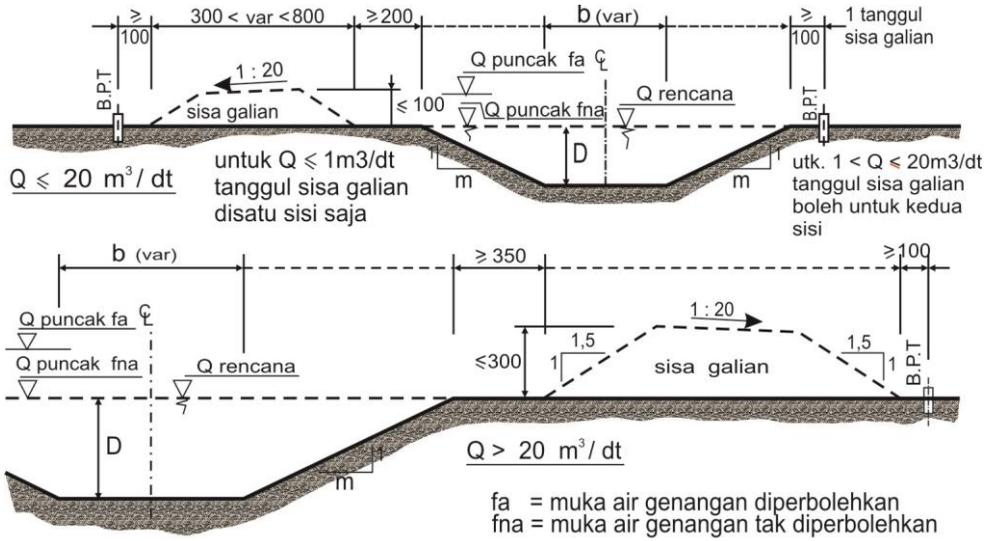
Material	N	V m/det (air bersih)	V m/det (air yang mengangkut lanau koloid)
Pasir halus, non koloidal	0,020	0,457	0,762
Lempung kepasiran, non koloidal	0,020	0,533	0,762
Silt loam, non koloidal	0,020	0,610	0,914
Lumpur alluvial, non koloidal	0,020	0,610	1,067
<i>Ordinary firm loam</i>	0,020	0,762	1,067
Abu vulkanis	0,020	0,762	1,067
Lempung kaku sangat koloidal	0,025	1,143	1,524
Lumpur alluvial, koloidal	0,025	1,143	1,524
Lempung keras	0,025	1,829	1,829
Kerikil halus	0,020	0,762	1,524
<i>Graded loam to cobbles, non colloidal</i>	0,030	1,143	1,524
<i>Graded silt to cobbles when colloidal</i>	0,030	1,219	1,676
Kerikil kasar, non koloidal	0,025	1,219	1,829
<i>Cobbles and shingles</i>	0,035	1,524	1,678

Sumber: *Pedoman Perencanaan Saluran Terbuka, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan Dep. PU, 1986.*

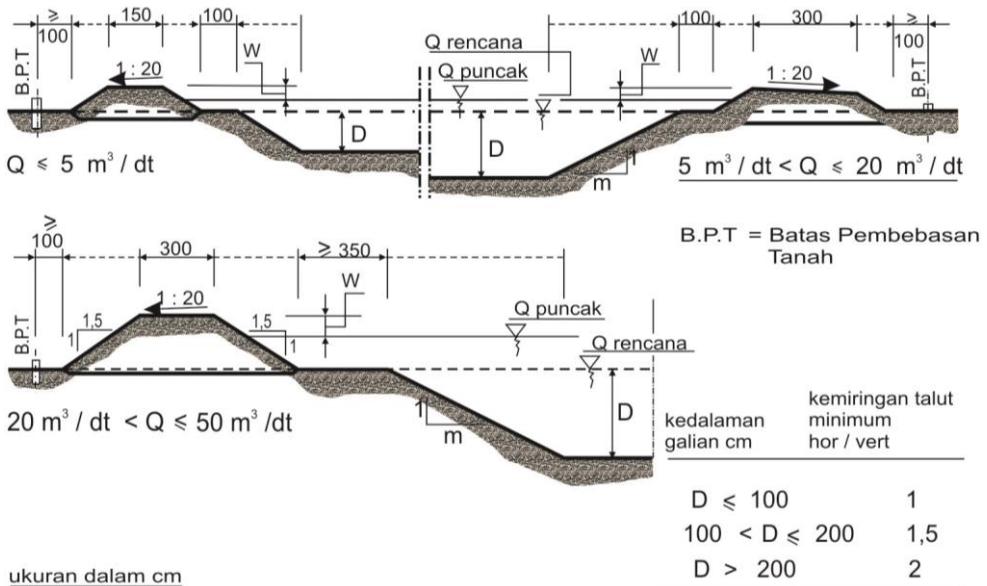
Batas bawah kecepatan air dalam saluran pembuang disesuaikan dengan data kandungan sedimen, sedemikian sehingga tidak terjadi akumulasi pengendapan yang dapat menyebabkan pendangkalan dan menghalangi aliran yang memungkinkan terjadinya efek pembundungan. Batas kecepatan bawah 0,3 m/det dapat menghindari pengendapan. Beberapa faktor yang dapat dipertimbangkan adalah :

- Keliling basah yang lebih besar akan memperbesar infiltrasi
- Makin besar lebar penampang saluran akan memperbesar pembebasan tanah, tetapi dapat mengurangi perubahan kedalaman air.
- Makin lambat kecepatan air dalam saluran tanpa terjadi pengendapan akan memperbesar kapasitas peresapan/infiltrasi.
- Hubungan antara data sedimen dan kecepatan rencana dapat didekati dengan cara perencanaan saluran kantong lumpur/*sand trap*.

Saluran pembuang tanpa lindungan terhadap banjir



Saluran pembuang dengan lindungan terhadap banjir



Gambar 7-2. Tipe-Tipe Potongan Melintang Saluran Pembuang

Metode penghitungan ini hanya boleh diterapkan untuk debit-debit sampai $30 \text{ m}^3/\text{dt}$ saja. Bila diperkirakan akan terjadi debit lebih besar, maka debit puncak dari daerah-daerah nonsawah dan debit pembuang sawah yang terjadi secara bersamaan harus dipelajari secara bersama-sama dengan kemungkinan pengurangan debit puncak dan pengaruh banjir sementara yang mungkin juga terjadi.

Muka air rencana pada titik pertemuan antara dua saluran pembuang sebaiknya diambil sebagai berikut:

- Evaluasi muka air yang sesuai dengan banjir dengan periode ulang 5 kali per tahun untuk sungai,
- Muka air rencana untuk saluran pembuangan intern yang tingkatnya lebih tinggi lagi,
- *Mean* muka air laut (MSL) untuk laut.

7.3 Potongan Melintang Saluran Pembuang

7.3.1 Geometri

Potongan melintang saluran pembuang direncana relatif lebih dalam daripada saluran irigasi dengan alasan sebagai berikut :

- Untuk mengurangi biaya pelaksanaan dan pembebasan tanah
- Variasi tinggi muka air lebih besar, perubahan-perubahan pada debit pembuangan dapat diterima untuk jaringan pembuang permukaan
- Saluran pembuang yang dalam akan memiliki aliran yang lebih stabil pada debit-debit rendah, sedangkan saluran pembuang yang lebih besar akan menunjukkan aliran yang berbelok-belok.

Perbandingan kedalaman lebar dasar air ($n = b/h$) untuk saluran pembuang sekunder diambil antara 1 dan 3. Untuk saluran pembuang yang lebih besar, nilai banding ini harus paling tidak 3. Tipe-tipe potongan melintang disajikan pada Gambar 7-2.

Untuk saluran pembuang sekunder dan primer, lebar dasar minimum diambil 0,60 m.

7.3.2 Kemiringan Talut Saluran Pembuang

Pertimbangan-pertimbangan untuk kemiringan talut sebuah saluran pembuang buatan mirip dengan pertimbangan untuk saluran irigasi.

Harga-harga kemiringan minimum talut untuk saluran pembuang pada berbagai bahan tanah diambil dari Tabel 7-3 dan Gambar 7-2.

Tabel 7-3. Kemiringan Talut Minimum untuk Saluran Pembuang

Kedalaman Galian, D (m)	Kemiringan Minimum Talut (1 hor:mvert.)
$D \leq 1,0$	1,0
$1,0 \leq D < 2,0$	1,5
$D > 2,0$	2,0

Mungkin diperlukan kemiringan talut yang lebih landai jika diperkirakan akan terjadi aliran rembesan yang besar kedalam saluran.

7.3.3 Lengkung Saluran Pembuang

Jari-jari minimum lengkung sebagai yang diukur dalam as untuk saluran pembuang buatan adalah sebagai berikut:

Tabel 7-4. Jari-Jari Lengkung untuk Saluran Pembuang Tanah

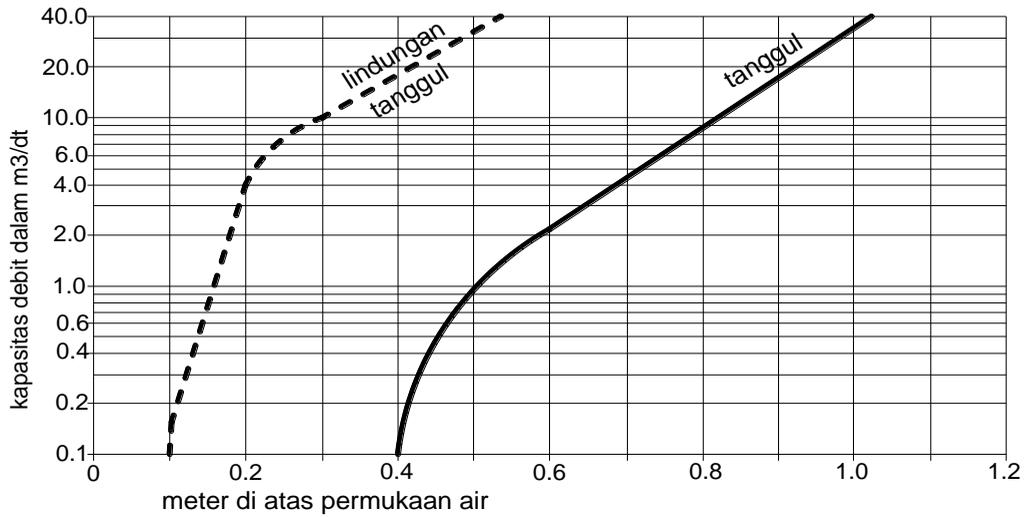
Q Rencanam ³ /dtk	Jari-Jari Minimumm
$Q \leq 5$	3 x lebar dasar
$5 < Q \leq 7,5$	4 x lebar dasar
$7,5 < Q \leq 10$	5 x lebar dasar
$< Q \leq 15$	6 x lebar dasar
$Q > 15$	7 x lebar dasar

Jika diperlukan jari-jari yang lebih kecil, jari- jari tersebut boleh dikurangi sampai 3 x lebar dasar dengan cara memberi pasangan bagian luar lengkungan saluran.

7.3.4 Tinggi Jagaan

Karena debit pembuang rencana akan terjadi dengan periode ulang rata-rata 5 tahun, maka tinggi muka air rencana maksimum diambil sama dengan tinggi muka tanah. Galian tambahan tidak lagi diperlukan.

Apabila jaringan pembuang utama juga mengalirkan air hujan buangan dari daerah-daerah bukan sawah dan harus memberikan perlindungan penuh terhadap banjir, maka tinggi jagaan akan diambil 0,4 - 0,1 m (lihat Gambar 7-2. dan Gambar 7-3.).



Gambar 7-3. Tinggi Jagaan untuk Saluran Pembuang (dari USBR)

Untuk keperluan drainase, tinggi tanggul dihilir bendung didesain menggunakan Q_{20th} atau Q_{25th} . Jika ternyata resiko jika terjadi banjir di hilir juga tinggi maka dapat dipertimbangkan debit banjir yang sama dengan debit banjir rencana untuk bendungnya.

BAB VIII

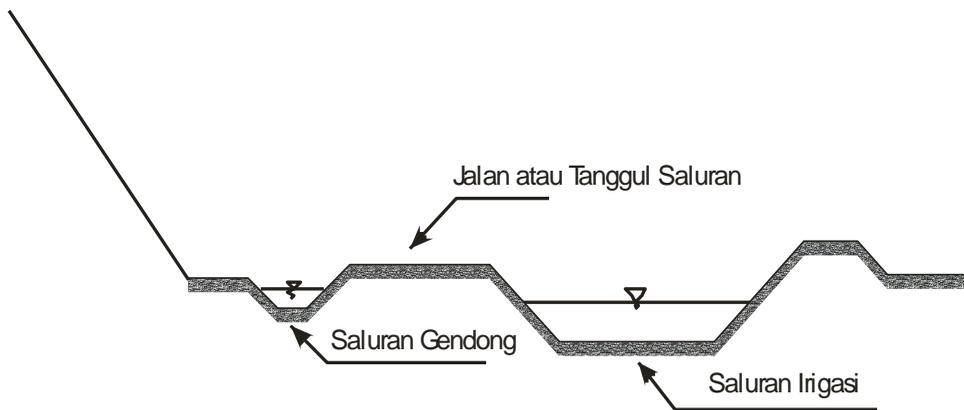
PERENCANAAN SALURAN GENDONG

8.1 Gambaran Umum

Saluran gendong adalah saluran drainase yang diletakkan sejajar dengan saluran irigasi. Saluran gendong ini berfungsi mencegah aliran permukaan (*run off*) di luar daerah irigasi (*extern area*) masuk kedalam saluran irigasi .

Air yang masuk saluran gendong ini dialirkan keluar ke saluran alam atau saluran drainase yang terdekat.

Saluran gendong ini dibangun/dikonstruksi apabila suatu saluran irigasi melintasi suatu daerah-daerah di perbukitan. Tata letak saluran gendong dan saluran irigasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 8-1. Potongan Melintang Saluran Gendong dan Saluran Irigasi

Kapasitas drainase untuk satu jenis daerah dataran tinggi (*up land*) atau dataran rendah (*low land*) umumnya menggunakan periode ulang curah hujan 5 tahunan. Sedang periode 50 tahunan khusus digunakan pada areal yang mempunyai dua jenis dataran yaitu dataran tinggi dan dataran rendah.

8.2 Tata Cara dan Dasar Perhitungan

Debit drainase ditentukan untuk merencanakan kapasitas dan dimensi bangunan saluran drainase dalam membuang kelebihan air yang ada di permukaan (drainase permukaan) terutama yang berasal dari daerah perbukitan (*hilly area*).

Kapasitas debit drainase ini menentukan dimensi saluran dan kemiringan memanjang dari saluran.

Kapasitas debit dihitung dengan 2 (dua) metode yaitu :

- 1) Metode rasional untuk daerah tangkapan dataran tinggi (*hilly area*).
- 2) Metode lama Hujan dan Frekuensi untuk dataran rendah (*low land*).

8.2.1 Metode Rasional

Metode Rasional digunakan untuk menghitung besar aliran permukaan daerah drainase yang melalui dataran tinggi pegunungan dengan luas daerah tangkapan tidak melebihi 500 ha.

$$Q = \frac{(R \times C - H \times F) \times 10,000}{3600} \dots\dots\dots 8-1$$

L = Panjang aliran (m)

W = Kecepatan aliran (m/dt)
 = 20 x (H/L)^{0,6}(m/dt)

H = Beda tinggi elevasi puncak perbukitan sampai elevasi rencana salurangendong

$$Q = 0,278 C \cdot I_t \cdot A \dots\dots\dots 8-2$$

Dimana :

Q = Debit drainase (m³/dt)

R = Intensitas rata-rata hujan selama waktu konsentrasi hujan (mm/jam)

C = Koefisien *run off*, merupakan perbandingan antara maksimum *run off* dari daerah itu dan harga rata-rata curah hujan selama waktu konsentrasi (lihat Tabel 8-1.)

- H = Tinggi air genangan yang diijinkan, untuk daerah pegunungan
 $H = 0$
- F = Merupakan perbandingan dari luas areal yang ditanami (sawah) dengan luas areal daerah tangkapan hujan
- $F = \frac{A2}{A1}$
- A1 = Luas daerah tangkapan hujan/*Catchment area* (ha)
- A2 = Luas daerah yang ditanami/sawah (ha)
- $R = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T_c}\right)^n$
- R_{24} = Curah hujan harian maksimum (mm) pada periode ulang 5 tahunan
- $T_c = \text{Waktu konsentrasi (jam)} = \frac{L}{W}$
- $I_t = \text{Intensitas hujan dalam waktu konsentrasi } T_c$

T_c dapat dihitung dari rumus empiris dari *Kirpich* sebagai berikut :

$T_c = 0,0195 (L / S^{1/2})^{0,77} \dots\dots\dots 8-3$

Dimana :

$S = H / L$

H = Beda tinggi elevasi puncak perbukitan sampai elevasi rencana saluran gendong.

L = Panjang aliran (m)

Sedang I_t = intensitas hujan pada periode ulang yang ditinjau

$I_t = \frac{a}{T_c + b} \dots\dots\dots 8-4$

Dimana nilai a dan b diperoleh dari Tabel 8-2.

Atau dengan rumus *Burkli-Ziegler* yang rumus semi Rasional (*Saran Asphalt Institute*) :

$Q = C . I_t . A . (K/A)^{1/4} \dots\dots\dots 8-5$

Dimana : Q, A , I_t dan C sama dengan rumus Rasional

K = kemiringan permukaan tanah rata-rata pada daerah pengaliran (*drainage area*)

Tabel 8-1. Koefisien *Run off* (C) yang Digunakan untuk Luas Drainase Kurang dari 500 ha

Kondisi Permukaan Tanah	Minimum	Maksimum	Direkomendasi untuk Digunakan dalam Desain
Areal pegunungan berumput Tinggi, curam dan gundul	0,75	0,9	0,85
Berumput, curam dan berpohon	0,8	0,9	0,75
Sedang, tidak merata	0,65	0,75	0,70
Lahan miring dengan tanaman Dan bersungai	0,75	0,85	0,75
Lahan Curam > 10 %	0,75	0,85	0,80
Kemiringan lahan ringan	0,65	0,75	0,75
Hutan dan kemiringan tidak merata	0,50	0,75	0,65

Sumber : Pedoman Irigasi Dalam Hidrolik, DPMA, 1984

Tabel 8-2. Harga a dan b untuk Periode Ulang T pada Lokasi

	I ₁₀	I ₂₀	I ₂₅	I ₅₀
a =	9.229,2	11.797,3	12.578,2	15.564,5
b =	59,6	72,9	76	90

Sumber : Penuntun praktis perencanaan teknis jalan raya (Bab Drainase jalan)

8.2.2 Metode Lama Hujan dan Frekuensi Hujan

Metode ini digunakan untuk menilai besar debit drainase yang diperlukan untuk daerah dataran rendah atau daerah pertanian.

$$Q = \beta \times q \times A \dots\dots\dots 8-6$$

Dimana :

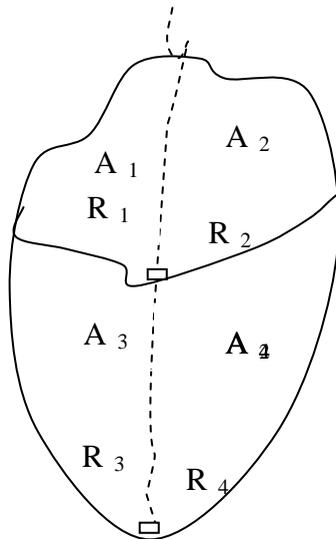
Q = Debit drainase (m^3/dt)

β = Faktor reduksi luas (Gambar 8-2.)

q = Unit air drainase yang disyaratkan ($m^3/dt/ha$) = $\frac{dR}{dT}$

dR = Defferensial tinggi curah hujan yang dipertimbangkan dengan tinggi genangan (mm)

dT = Lama waktu drainase



Gambar 8-2. Faktor Reduksi β dan Luas Areal Tangkapan Hujan

$$\beta = \frac{\sum R_i \times A_i}{(\sum A_i) R_{\max}}$$

Dimana :

R = Curah hujan

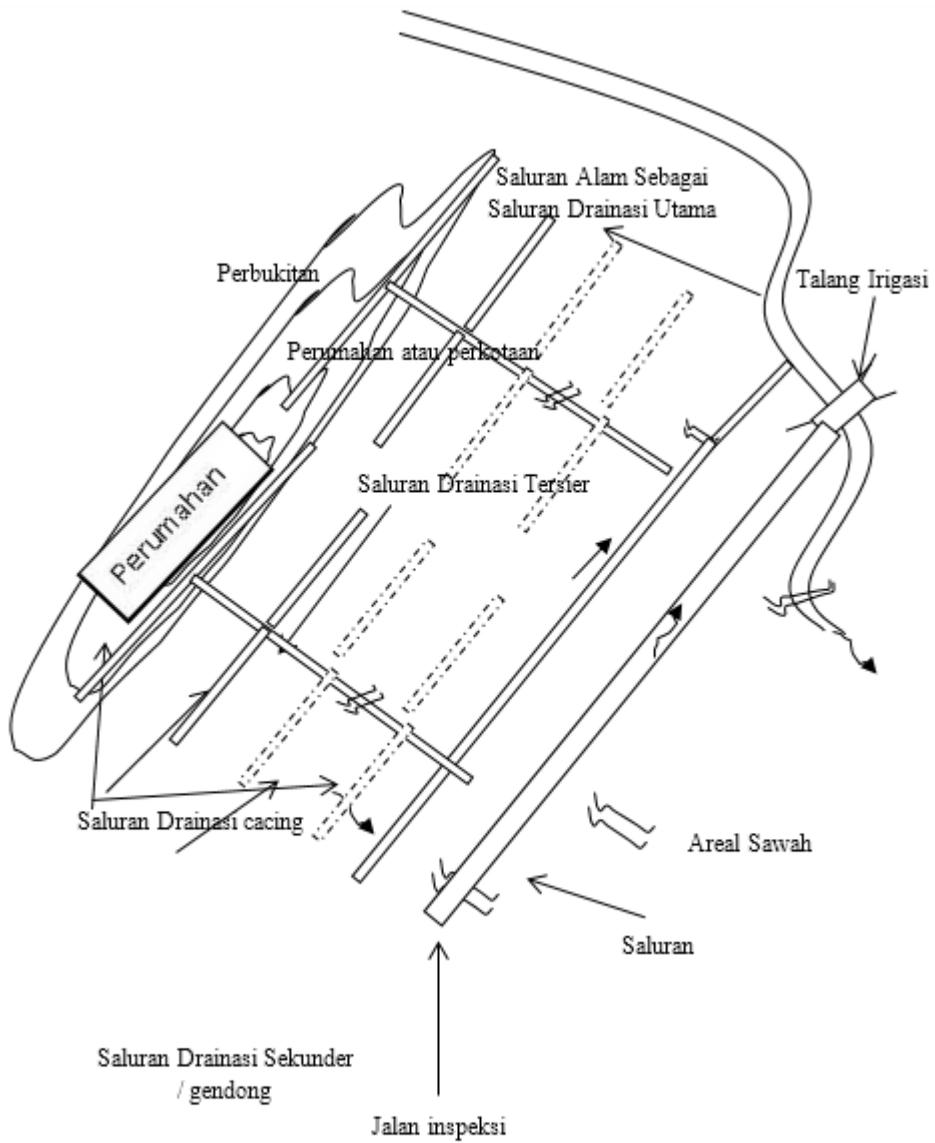
A = Luas *Catchment*

8.2.3 Metode Hidrograf Komplek

Metode ini digunakan untuk luas daerah drainase lebih dari 500 Ha dengan sistim tata jaringan irigasi utama, sekunder, dan tersier sehingga tidak perlu diuraikan pada perencanaan saluran gendong.

Hal ini disebabkan karena saluran gendong ini umumnya merupakan sistim irigasi tunggal. Kecuali pada kondisi khusus, jika sistim saluran gendong harus melalui suatu perkotaan atau pemukiman maka tata jaringan saluran gendong harus terdiri dari saluran gendong primer, saluran gendong sekunder dan saluran gendong tersier seperti terlihat pada Gambar 8-3 berikut :

- Untuk daerah tangkapan (daerah aliran) $\geq 100 \text{ km}^2$, digunakan metode *Rasional-Weduwen*.
- Untuk daerah aliran $< 100 \text{ km}^2$, metode *Weduwen* atau *Hasper* akan lebih cocok dan juga rumus *Chezy*.



Gambar 8-3. Situasi Tata Jaringan Saluran Gendong yang Melalui Pemukiman atau Perkotaan dan Perbukitan

8.3 Tata Cara dan Dasar Perhitungan

8.3.1 Standar Kapasitas Saluran Gendong

Besar aliran di saluran gendong direncanakan pada puncak aliran yang dihitung seperti metode yang dijelaskan pada Bab 8.2 diatas.

Standar saluran gendong ditentukan sebagai berikut:

1. Untuk luas daerah aliran kurang dari 5 ha menggunakan lebar dasar minimum 0,40 m atau sesuai kapasitas debit hasil analisa .
2. Untuk luas daerah aliran lebih dari 100 ha Menggunakan debit minimum 1,00 m³/dt sampai 2,00 m³/dt dengan kenaikan 0,25 m³/dt.
3. Melebihi 2,00 m³/dt dengan kenaikan 0,50 m³/dt.

8.3.2 Karakteristik Saluran Gendong

Karakteristik saluran telah diuraikan pada Bab 3 Subbab 3.3.7.3 diatas.

8.3.3 Kelebihan dan Kelemahan Saluran Gendong

Fungsi saluran gendong untuk menampung aliran air dari sisi atas sehingga tidak masuk saluran irigasi dan tidak menyebabkan erosi pada sisi luar saluran irigasi, kelemahan pemilihan cara ini adalah :

- 1) Diperlukan lebar yang cukup luas untuk menempatkan dua saluran di tebing.
- 2) Debit saluran gendong jika memenuhi kapasitas debit , air buangan akan masuk saluran irigasi. Cara mengatasinya dengan dibuatkan saluran pelimpah pada lokasi tertentu.
- 3) Memerlukan perawatan yang intensif akibat intensitas sedimen dari tebing atas sangat tinggi.
- 4) Dimensi saluran gendong dapat dibuat cukup besar jika area drainase saluran luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1970. *Standar Perencanaan Saluran dan Bangunan-Bangunannya*.
- ASCE, *Task Committee for Preparation of Sedimentation Manual*; Journ. Hydr. Div. ASCE, Jan-April-Dec 1971.
- Bos, M.G., J. Nutereen: *On Irrigation Efficiencies, ILRI publication Bo. 19, Wageningen, 1982.*
- CHOW, V.T: *Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill, New York, 1965.*
- DGWRD-DOI, *Design Criteria on Irrigation Engineering, August 1980.*
- Dort, J.A. van, M.G. Bos : *Drainage Principles and Applications, ILRI publication No.16, Wageningen, 1974.*
- Graf, W.H. *Hydraulics of Sediment Transport, McGraw-Hill London, 1971.*
- Henderson, F.M.: *Open Channel Flow. McMillan Company, New York, 1959.*
- Idel'icik, I.E. *Memento des Perstes de Charge. Eyrolles, Paris, 1969.*
- Kraatz, D.B. *Irrigation canal lining. FAO, Rome, 1977.*
- Leliavsky, S. *Irrigation Engineering, Canals and Barrages. Champman and Hall Ltd London, 1965.*
- LPMA. *Proyek Penyusunan Standar Perencanaan Bangunan Dalam Saluran. 1971*
- Raudkivi, A.J.: *Loose Boundary Hydraulics. Pergamon Press Ltd, London, 1967.*
- Schoemaker, H.J.: *Various Monographs on Sediment Transport in Canals and Design of Unlined Canals. Delft University of Technology, 1972 – 1974.*
- USBR, US Departement of Interior: *Design of Small Dams. Washington D.C., 1973.*
- USBR, US Departement of Interior: *Canals and Related Structures. Washington D.C, 1967.*
- USDA, Soil Conservation Service. *Design of Open Channels. Technical Release No.25, Washington D.C., 1977.*
- Vlugter, H.: *Sediment Transportation by Running Water and The Design of Stable Channels in Alluvial Soils. De Ingenieur, no.36, Netherlands, 1962.*

Vlugter, H.: *Het Transport Van Vaste Stoffen Door Stroomed Water*. De Ingenieur in Ned.-Indie No.3, 1941.

Vos, H.C.P.de: *Transport Van Vaste Stoffen Door Stroomed Water*. De waterstaatsingenieur, no.7, Juli 1925.

Weduwen, J.P.der: *Het Berekensen Van Den Maximum Afvoer Van Stroomgebieden Met een Oppervlak Van 0-100 km²*. De Ingenieur in Ned.-Indie, no.10, 1937.

LAMPIRAN I

KAPASITAS ANGKUTAN SEDIMEN

Dalil utama untuk perencanaan saluran yang stabil adalah bahwa semua sedimen yang masuk ke dalam saluran harus seluruhnya terangkut tanpa terjadi penggerusan atau sedimentasi.

Oleh sebab itu, kapasitas angkutan relatif T/Q (T = angkutan sedimen, Q = debit) harus konstan sepanjang ruas saluran. Jika kapasitas angkutannya mengecil, akan terjadi sedimentasi dan jika kapasitasnya membesar, saluran akan tergerus.

Ada dua cara angkutan sedimen, yakni:

- 1) Angkutan bahan dalam keadaan melayang (sedimen layang)
- 2) Angkutan sedimen dasar

1. Jika dipertimbangkan angkutan sedimen layang, *Vlugter* memberikan aturan bahwa partikel-partikel yang lebih kecil dari 0,05 sampai 0,07 mm, vI adalah konstan.

Kriteria yang sama dikemukakan oleh *De Vos* (1925), yang menggunakan pertimbangan energi, seperti berikut :

$$T/Q \propto \rho g v I \dots\dots\dots(A.1.1)$$

dimana :

T = banyaknya sedimen yang diangkut, m^3/dt

Q = debit, m^3/dt

q = kerapatan air, kg/m^3

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

v = kecepatan aliran, m/dt

I = kemiringan energi

Pengukuran di daerah Serayu menunjukkan bahwa untuk mengangkut sedimen layang $< 0,06$ mm, $\rho g v I \approx 1$ sampai $1,25$ Watt/ m^2 per m saluran. Pengukuran yang sama menunjukkan bahwa per Watt dapat diangkut sedimen kira – kira 1,5 l (diukur pada waktu sedimen dalam keadaan mengendap)

2. Bahan-bahan yang lebih besar dari sekitar 0,06 mm (pasir halus atau lanau) akan diangkut terutama di sepanjang dasar saluran. Untuk angkutan bahan ini, bisa dipakai rumus angkutan sedimen *Einstein – Brown*, yakni :

$$T \propto b h^3 I^3 \dots\dots\dots(A.1.2)$$

dimana :

b = lebar dasar, m

h = kedalaman air, m

T dan I sama dengan pada rumus A.1.1.

Jika rumus angkutan sedimen ini digabungkan dengan rumus debit *Strickler/Manning*, maka :

$$T/Q \propto h^{8/15} I \dots\dots\dots(A.1.3)$$

Jika digabungkan dengan rumus debit *Chezy*, rumus kapasitas angkutan sedimen relatif menjadi :

$$T/Q \propto h^{6/10} I \dots\dots\dots(A.1.4)$$

Penggabungan dengan rumus debit *Lacey* ($v \propto k_s h^{3/4} I^{1/2}$) menghasilkan :

$$T/Q \propto h^{1/2} I \dots\dots\dots(A.1.5)$$

Uraian diatas disajikan pada Tabel A.1.1. dibawah ini :

Tabel A.1.1. Rumus – Rumus Angkutan Sedimen

Rumus Angkutan Sendimen	Rumus Debit	Dalil	Tipe Angkutan
<i>De Vos</i>	-	$v I$	Layang
<i>Vlugter</i>	<i>Chezy</i>	$v^2 I$	Layang, bahan halus
<i>Einstein – Brown</i>	<i>Chezy</i>	$h^{6/10} I$	Dasar, bahan halus
<i>Einstein – Brown</i>	<i>Strickler</i>	$h^{8/15} I$	Dasar, bahan halus
<i>Einstein – Brown</i>	Rumus regim	$h^{1/2} I v^2 \times I$	Dasar, bahan halus

Kesimpulan :

- Kriteria yang terbaik untuk perencanaan saluran yang stabil yang harus mengangkut bahan sedimen adalah bahwa kapasitas angkutan sedimen relatif T/Q tidak boleh berkurang ke arah hilir, atau jika ada bahaya penggerusan, kapasitas angkutan sedimen harus tetap konstan ke arah hilir.
- Kriteria perencanaan yang akan diikuti bergantung kepada tipe dan volume sedimen yang akan diangkut, dengan kata lain bergantung pada rumus angkutan sedimen dan rumus debit yang dipakai, kriteria bahwa :

$$H^{1/2} I = \text{konstan}$$

Memberikan perkiraan yang dapat diterima untuk keadaan yang biasa ditentukan pada saluran irigasi.

LAMPIRAN II

PERENCANAAN PROFIL SALURAN

Dalam merencanakan saluran, ikutilah langkah-langkah berikut :

1. Tentukan debit rencana serta kemiringan yang terbaik untuk tiap ruas saluran, berdasarkan kemiringan medan yang ada dan tinggi bangunan sadap tersier yang diperlukan. Ini menghasilkan titik dengan harga khusus Q_d dan I
2. Plotlah titik-titik $Q_d - I$ untuk masing-masing saluran berikutnya, mulai dari bangunan utama hingga ujung saluran sekunder dan tariklah garis melalui titik-titik ini.

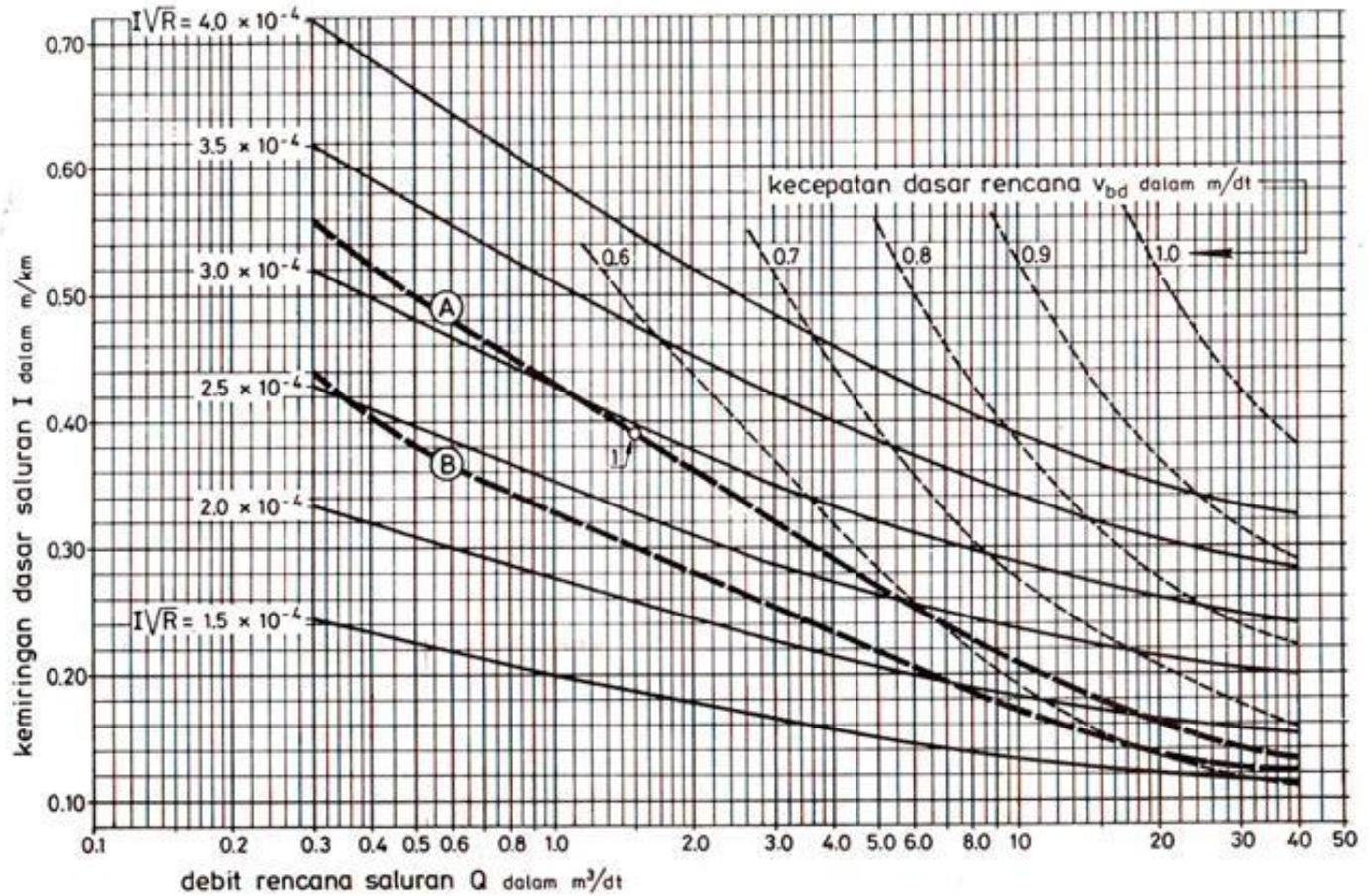
Dalam Gambar A.2.1. diberikan contoh dua garis untuk dua jaringan saluran yang berbeda. Perlu diingat bahwa garis-garis ini bisa berbeda untuk jaringan-jaringan saluran lainnya.

3. Tentukan harga kecepatan dasar yang diizinkan v_{ba} bagi setiap ruas saluran berdasarkan kondisi tanah dengan Gambar 3-2.b. Misalnya: jaringan irigasi akan dibangun pada bahan tanah yang terdiri dari kandungan sedimen dibawah 1.000 ppm. Ini menghasilkan $v_b = 1$ m/dt. Angka tanah tersebut lebih dari 0,8 dan oleh sebab itu, faktor koreksi A pada Gambar 3-3.a sekurang-kurangnya 1,0. Ini menghasilkan kecepatan dasar yang diizinkan $v_{ba} = v_b \times A = 1,0 \times 1,0 = 1,0$ m/dt untuk seluruh daerah proyek.
4. Garis-garis $Q-O$ A dan B mempunyai harga-harga $I\sqrt{R}$ yang makin besar dengan menurunnya harga Q_d . Hal ini berarti bahwa harga kapasitas angkutan sedimen di kedua jaringan saluran tersebut makin bertambah besar ke arah hilir. Diperkirakan sedimentasi tidak akan terjadi.
5. Garis-garis $Q_d - I$ menunjukkan bahwa kecepatan dasar rencana yang jelas dibawah 0,70 m/dt. Karena kecepatan dasar rencana yang diizinkan (langkah 3) dihitung 1,0 m/dt, maka diperkirakan tidak akan timbul masalah erosi.
6. Potongan melintang dihitung dengan $Q_d - I$ kurva Gambar A.2.1, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel A.2.2. dan A.2.3.

Harga-harga untuk kolom 2, 3, dan 4 diambil dari kriteria perencanaan ini Subbab 3.2 dan 3.3.

Harga-harga pada kolom 6, 7, 8 dan 9 dihitung dengan rumus *Strickler* sedangkan pada kolom 10 dihitung dengan cara membagi harga kecepatan rencana pada kolom 8 dengan faktor koreksi kedalam B dari Gambar 3-3.

7. Harga-harga kemiringan saluran mungkin harus dimodifikasi sebagai berikut :
 - Jika v_{bd} melalui v_{ba} , maka harga kemiringan saluran diambil lebih rendah dan mungkin diperlukan bangunan terjun
 - Bila kemiringan saluran pada langkah 1 untuk suatu ruas ternyata lebih landai dari kemiringan yang dibutuhkan untuk garis $I\sqrt{R}$ yang baik, maka kemiringan tersebut akan ditambah dan sebagai akibatnya pelaksanaan dilakukan pada timbunan.
8. Tabel A.2.2. dan A.2.3. memberikan potongan melintang untuk harga-harga debit rencana yang dipilih. Untuk harga Q_d yang lain, potongan melintang dihitung dengan mengambil harga-harga m , n dan k dari kriteria perencanaan ini (subbab 3.2. dan 3.3) dan potongan memanjang diambil dari grafik perencanaan saluran.



Gambar A.2.1 Grafik Perencanaan Saluran (dengan Garis-Garis A dan B)

Tabel A.2.1 Karakteristik Saluran yang Dipakai dengan Gambar A.2.1

Debit dalam m^3/dt	Kemiringan Talut l:m	Perbandingan b/h n	Faktor Kekasaran k
0,15-0,30	1,0	1,0	35,0
0,30-0,50	1,0	1,0 – 1,2	35,0
0,50-0,75	1,0	1,2 – 1,3	35,0
0,75-1,00	1,0	1,3 – 1,5	35,0
100-1,50	1,0	1,5 – 1,8	40,0
1,50-3,00	1,5	1,8 – 2,3	40,0
3,00-4,50	1,5	2,3 – 2,7	40,0
4,50-5,00	1,5	2,7 – 2,9	40,0
5,00-6,00	1,5	2,9 – 3,1	42,5
6,00-7,50	1,5	3,1 – 3,5	42,5
7,50 - 9,00	1,5	3,5 – 3,7	42,5
9,00 - 10,00	1,5	3,7 – 3,9	42,5
10,00 - 11,00	2,0	3,9 – 4,2	45,0
11,00 - 15,00	2,0	4,2 – 4,9	45,0
15,00 - 25,00	2,0	4,9 – 6,5	45,0
25,00 - 40,00	2,0	6,5 – 9,0	45,0

Tabel A.2.2. Data Profil Saluran Garis A

Q m ³ /dt	m	n	k k ^{1/3} /dt	I 10 ⁻³	H m	B m	V m/dt	I ^{1/3} 10 ⁻⁴	V _{bd} m/dt
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,30	1,0	1,0	35,0	0,56	0,62	0,62	0,39	3,19	0,42
0,50	1,0	1,2	35,0	0,50	0,73	0,88	0,42	3,16	0,44
0,75	1,5	1,3	35,0	0,46	0,78	1,02	0,44	3,07	0,46
1,50	1,5	1,8	40,0	0,39	0,92	1,66	0,54	2,92	0,55
3,00	1,5	2,3	40,0	0,32	1,16	2,66	0,59	2,76	0,57
4,50	1,5	2,7	40,0	0,28	1,32	3,57	0,61	2,63	0,58
6,00	1,5	3,1	42,5	0,25	1,41	4,37	0,66	2,46	0,61
7,50	1,5	3,5	42,5	0,23	1,50	5,25	0,67	2,36	0,62
9,00	1,5	3,7	42,5	0,21	1,60	5,93	0,67	2,24	0,61
11,00	2,0	4,2	45,0	0,20	1,60	6,71	0,70	2,14	0,64
15,00	2,0	4,9	45,0	0,17	1,76	8,64	0,70	1,94	0,63
25,00	2,0	6,5	45,0	0,15	2,00	12,98	0,74	1,87	0,64
40,00	2,0	9,0	45,0	0,13	2,19	19,73	0,74	1,79	0,65

TabelA.2.3. Data Profil Saluran Garis B

Q m ³ /dt	m	n	k k ^{1/3} /dt	I 10 ⁻³	H m	B m	V m/dt	I ^{1/3} 10 ⁻⁴	V _{bd} m/dt
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,30	1,0	1,0	35,0	0,440	0,65	0,65	0,36	2,56	0,39
0,50	1,0	1,2	35,0	0,380	0,77	0,92	0,38	2,46	0,40
0,75	1,5	1,3	35,0	0,350	0,82	1,07	0,40	2,40	0,41
1,50	1,5	1,8	40,0	0,300	0,97	1,74	0,49	2,30	0,49
3,00	1,5	2,3	40,0	0,250	1,21	2,79	0,54	2,21	0,52
4,50	1,5	2,7	40,0	0,225	1,38	3,71	0,57	2,51	0,53
6,00	1,5	3,1	42,5	0,200	1,47	4,55	0,60	2,01	0,56
7,50	1,5	3,5	42,5	0,190	1,55	5,44	0,62	1,99	0,57
9,00	1,5	3,7	42,5	0,175	1,66	6,14	0,63	1,90	0,57
11,00	2,0	4,2	45,0	0,160	1,67	7,00	0,64	1,75	0,58
15,00	2,0	4,9	45,0	0,145	1,82	8,91	0,66	1,68	0,59
25,00	2,0	6,5	45,0	0,130	2,05	13,34	0,70	1,64	0,61
40,00	2,0	9,0	45,0	0,120	2,23	20,03	0,73	1,62	0,62

LAMPIRAN III

Tabel A.31 Kriteria Klasifikasi Tanah Secara Laboratoris dari USBR/USCE

INFORMASI YANG DIPERLUKAN UNTUK MENJELASKAN TANAH LABORATORIS		KRITERIA KLASIFIKASI
<p>Berikan nama jenis, tunjukkan perkiraan persentase pasir dan kerikil, ukuran maks; persikuan, kondisi permukaan, dan kekasaran butir; nama setempat atau geologis dan informasi deskriptif yang relevan lainnya; dan simbol dalam tanda kurung ().</p> <p>Untuk tanah tak terganggu tambahan informasi mengenai pelapisan, tingkat kepadatan, sementasi, kondisi kelembapan dan karakteristik pembuangan (drainase)</p> <p>CONTOH :</p> <p>Pasir lanau, kerikilan; kurang lebih 20% keras, partikel kerikil bersiku, ukuran maks. ½ inci; partikel pasir bulat dan kasar sampai halus; sekitar 15% bahan halus nonplastis dengan kekuatan kering rendah; padat dan lembab di tempat; pasir aluvial; (SM)</p>	<p>Gunakan kurve ukuran butir dalam mengidentifikasi fraksi yang diberikan menurut identifikasi lapangan</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> $c_u = \frac{D_{10}}{D_{60}} \text{ Lebih besar dari } 4$ $c_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ Antara } 1 \text{ dan } 3$ </div> <div style="width: 50%; text-align: right;"> <p>Tidak memenuhi semua persyaratan gradasi untuk GW</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="width: 45%;"> <p>Batas <i>Atterberg</i> di bawah garis "A" atau PI kurang dari 4</p> <p>Batas <i>Atterberg</i> di atas garis "A" dengan PI lebih dari 7</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: right;"> <p>Di atas garis "A" dengan PI antara 4 dan 7 berarti <u>ada di garis batas</u> dan memerlukan dua simbol</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="width: 45%;"> $c_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \text{ Lebih besar dari } 6$ $c_c = \frac{(D_{10})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ Antara } 1 \text{ dan } 3$ </div> <div style="width: 50%; text-align: right;"> <p>Tidak memenuhi semua persyaratan untuk SW</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="width: 45%;"> <p>Batas <i>Atterberg</i> di bawah garis "A" atau PI kurang dari A</p> <p>Batas <i>Atterberg</i> di atas garis "A" dengan PI lebih besar dari 7</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: right;"> <p>Di atas garis "A" dengan PI antara 4 dan 7 berarti <u>ada di garis batas</u> dan memerlukan dua simbol</p> </div> </div>
<p>Berikan nama jenis; tunjukkan tingkat dan sifat besarnya plastisitas dan ukuran maks. butir kasar; warna dalam kondisi basah, bau (kalau berbau), nama setempat atau geologis, dan informasi deskriptif yang relevan lainnya; dan simbol dalam tanda kurung.</p> <p>Untuk tanah tidak terganggu, tambahkan informasi mengenai struktur, pelapisan konsistensi dalam keadaan tak terganggu, kondisi kelembapan dan drainase.</p> <p>CONTOH :</p> <p>Lumpur lanauan coklat, agak platis; persentase pasir halusnya rendah; terdapat lubang-lubang akar vertikal; kuat dan kering ditempat, lus; (ML)</p>	<p>Tentukan persentase kerikil dan pasir dari kurve ukuran butir. Bergantung kepada persentase bahan halus (fraksi yang lebih kecil dan ayak No.200), tanah berbutir kasar diklasifikasi sebagai berikut :</p> <p>Kurang dari 5% GW,GP,SW,SP Lebih dari 12% GM,GC,SM,SC 5% sampai 12% Yang tertetak di garis batas memerlukan dua simbol</p>	<div style="text-align: center;"> <p style="font-size: small;">Diagram plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas atterberg yang termasuk dalam daerah yang disirir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.</p> <p style="font-size: small;">Batas Cair LL (%) Garis A: PI = 0,73 (LL - 20)</p> </div>

Tabel A.3.2 Kriteria Klasifikasi Tanah SystemUSBR/USCE

PROSEDUR LAPANGAN : (Tidak termasuk partikel-partikel yang lebih besar dari 3 inci dan berdasarkan fraksi pada besar perkiraan)				SIMBOL KLMPK 1)	NAMA JENIS		
TANAH BERBUTIR KASAR Lebih dari separoh berlian lebih besar dari ukuran ayak No. 200	(Ayak No. 200 sebesar kurang dari partikel terkecil yang bisa dilihat dengan mata telanjang)	KERIKIL Lebih separoh dari fraksi kasar lebih besar dari ukuran ayak No.4	KERIKIL BERSIH (Dengan sedikit/tanpa bahan halus)	Bermacam-macam ukuran butir dan partikal berukuran sedang dalam jumlah besar	GW	Kerikil gradasi, baik campuran kerikil-pasir, dengan sedikit atau tanpa bahan halus	
			KERIKIL DENGAN BAHAN HALUS (Bahan halus cukup banyak)	Bahan halus nonplastis (untuk prosedur identifikasi lihat ML di bawah ini) Bahan halus platis platis (untuk prosedur identifikasi lihat CL di bawah ini)	GP	Kerikil gradasi jelek, campuran kerikil-pasir, dengan sedikit/tak berbahan halus	
		PASIR Lebih dari separoh fraksi kasar lebih kecil dari ukuran ayak No.4	PASIR BERSIH (Dengan sedikit/tanpa bahan halus)	Bahan halus nonplastis (untuk prosedur identifikasi lihat ML di bawah ini)	Bermacam-macam ukuran butir dan partikel berukuran sedang dalam jumlah besar	GM	Kerikil lanauan, campuran kerikil-pasir lanau bergradasi jelek
				Bahan halus platis platis (untuk prosedur identifikasi lihat CL di bawah ini)	Bermacam-macam ukuran butir dan partikel berukuran sedang dalam jumlah besar	GC	Kerikil lumpuran, campuan kerikil-pasir lanau bergradasi jelek
			PASIR DENGAN BAHAN HALUS (Bahan halus cukup banyak)	Bahan halus nonplastis (untuk prosedur identifikasi lihat ML di bawah ini)	Ada satu ukuran dominan, tau berbagai ukuran dengan beberapa ukuran sedang hilang	SW	Pasir gradasi baik, pasir kerikilan, dengan sedikit atau tanpa bahan halus
				Bahan halus platis (untuk prosedur identifikasi lihat CL di bawah ini)	Ada satu ukuran dominan, tau berbagai ukuran dengan beberapa ukuran sedang hilang	SP	Pasir gradasi jelek, pasir kerikilan; dengan sedikit/tanpa bahan halus
PROSEDUR IDENTIFIKASI BUTIR YANG LEBIH KECIL DARI UKURAN AYAK NO.40							
TANAH BERBUTIR HALUS Lebih dari separoh bahan lebih kecil dari ukuran ayak No. 200	(Ayak No. 200 sebesar kurang dari partikel terkecil yang bisa dilihat dengan mata telanjang)	KEKUATAN KERING (KARAKTERISTIK PECAH)	DILANTASI (REAKSI TERHADAP GETARAN)	KEKERASAN (KEKENTALAN MENDEKATI BATAS PLASTIS)			
			No. 1 sampai rendah	Cepat sampai lambat	Nol	ML	Lanau inorganik dan pasir, batu tumbuk yang amat halus, pasir lanauan atau halus, plastisitas rendah
		LANAU DAN LEMPUNG Batas cair kurang dari 50	Sedang sampai tinggi	Nol sampai sangat lambat	Sedang	CL	Lempung liat inorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung lanauan pasiran, kerikilan, dan lempung kurus
			Rendah sampai sedang	Lambat	Rendah	OL	Lanau organik dan lanau-lempung dengan plastisitas rendah
			Rendah sampai sedang	Lambat sampai nol	Rendah sampai sedang	MH	Lanau inorganik, pasri halus bermika/diatomea atau tanah lanauan, lanau elastis
		LANAU DAN LEMPUNG Batas cair lebih dari 50	Tinggi sampai sangat tinggi	Nol	Tinggi	CH	Lanau inorganik dengan platisitas tinggi, lempung gemuk
			Sedang sampai tinggi	Nol sampai sangat lambat	Rendah sampai sedang	OH	Lempung organik dengan platisitas sedang sampai tinggi
TANAH ORGANIK TINGGI		Mudah dikenali lewat warna, bau, empuk seperti spon, dan sering lewat jaringannya yang tampak seperti serat		PT	Tanah gambut dan jenis-jenis tanah organik tinggi yang lain		

Tabel A.3.3 Kriteria Klasifikasi Tanah System AASHTO

Devisi		Simbol Kelompok	Nama Jenis		Kriteria Klasifikasi		
Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus; Kurang dari 50% lolos saringan no. 200; GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no. 200; Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3		
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW		
	GM		Batas-batas <i>Atterberg</i> dibawah garis A atau PI < 4		Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol		
	GC		Batas-batas <i>Atterberg</i> dibawah garis A atau PI > 7				
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	SW			$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3	
			SP		Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
SM		Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> dibawah garis A atau PI < 4	Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol			
SC		Pasir berlanau, campuran pasir-lempung	Batas-batas <i>Atterberg</i> dibawah garis A atau PI > 7				

Tabel A.3.4 Kriteria Klasifikasi Tanah Secara Laboratoris AASHTO

Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	<p>Diagram plastisitas: Untuk mengklasifikasi lempung berbutir halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas atterberg yang termasuk dalam daerah yang diarsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.</p> <p>Batas Cair LL (%) Garis A: $PI = 0,73 (LL - 20)$</p>
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (<i>clean clays</i>)	
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
		MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis	
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (<i>fat clay</i>)	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
	Tanah dengan organik tinggi		Gambut (<i>peat</i>) dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat ASTM Designation D-2488

Klasifikasi umum	Bahan-bahan (35% atau kurang melalui No.200)							Bahan-bahan lanau-lempung (lebih dari 35% melalui No.200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5: A-7-6:	
Analisis saringan: Persen melalui: No. 10 No. 40 No. 200	50 maks. 30 maks. 15 maks.	50 maks. 25 maks.	51 maks. 10 maks.	35 maks.	35 maks.	35 maks.	35 maks.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Karakteristik fraksi melalui No. 40 Batas cair indeks plastisitas	6 maks.		N.P.	40 maks. 10 maks.	41 min. 10 maks.	40 maks. 11 min.	41 maks. 10 maks.	40 maks. 10 maks.	41 min. 10 maks.	40 maks. 10 min.	41 maks. 11 min.
Indeks kelompok	0		0	0		4 maks.		8 maks.	12 maks.	16 maks.	20 maks.
Jenis-jenis bahan pendukung utama	Fragmen batuan, kerikil, dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir berlanau atau berlempung				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Tingkatan umum sebagian tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk			

Untuk : A-7-5 : PI LL-30 NP=Non Platis
 Untuk : A-7-6 : PI LL-30

Tabel A.3.5 Parameter Perencanaan Hidrolis untuk Saluran Pipa Tapal Kuda

d = kedalaman aliran (m) D = diameter tapal kuda (m) A = luas aliran (m ²) r = radius hidrolis (m) Q = debit (m ³ /dtk)						k = koefisien kekasaran <i>Strickler</i> (m ^{0.33} /dtk) s = kemiringan dasar saluran dan permukaan air h _{vc} = tinggi kecepatan untuk kedalaman kritis d (m) Q _c = debit apabila kedalaman kritis adalah d (m/dtk)					
$\frac{d}{D}$	$\frac{A}{D^2}$	$\frac{r}{D}$	$\frac{d}{k D^{8/3} dt^{1/2}}$	$\frac{h_{vc}}{D}$	$\frac{Q_c}{D^{5/2}}$	$\frac{d}{D}$	$\frac{A}{D^2}$	$\frac{r}{D}$	$\frac{d}{k D^{8/3} dt^{1/2}}$	$\frac{h_{vc}}{D}$	$\frac{Q_c}{D^{5/2}}$
0,01	0,0019	0,0066	0,0001	0,0033	0,0005	0,51	0,4466	0,2602	0,182	0,2234	0,9346
,02	,0053	,0132	,0003	,0067	,0019	,53	,4566	,2630	,187	,2285	0,9665
,03	,0097	,0198	,0007	,0100	,0044	,53	,4666	,2657	,193	,2337	,9989
,04	,0150	,0264	,0013	,0134	,0077	,54	,4766	,2683	,198	,2391	1,0318
,05	,0209	,0329	,0021	,0168	,0120	,55	,4865	,2707	,204	,2445	1,0652
,06	,0275	,0394	,0032	,0201	,0172	,56	,4965	,2733	,209	,2500	1,0993
,07	,0346	,0459	,0044	,0235	,0235	,57	,5064	,2757	,215	,2557	1,1338
,08	,0421	,0524	,0059	,0269	,0306	,58	,5163	,2781	,220	,2615	1,1690
,09	,0502	,0590	,0076	,0305	,0388	,59	,5261	,2804	,226	,2674	1,2047
,10	,0585	,0670	,0097	,0351	,0485	,60	,5359	,2824	,231	,2735	1,2410
,11	,0670	,0748	,0119	,0397	,0590	,61	,5457	,2844	,236	,2797	1,2780
,12	,0753	,0823	,0142	,0443	,0702	,62	,5555	,2864	,242	,2861	1,3155
,13	,0839	,0895	,0168	,0489	,0821	,63	,5651	,2884	,247	,2926	1,3537
,14	,0925	,0964	,0194	,0534	,0946	,64	,5748	,2902	,252	,2994	1,3925
,15	,1012	,1031	,0223	,0579	,1078	,65	,5843	,2920	,257	,3063	1,4319
,16	,1100	,1097	,0252	,0624	,1216	,66	,5938	,2937	,262	,3134	1,4721
,17	,1188	,1161	,0283	,0669	,1361	,67	,6033	,2953	,268	,3208	1,5129
,18	,1277	,1222	,0314	,0714	,1511	,68	,6126	,2967	,273	,3283	1,5544
,19	,1367	,1282	,0347	,0758	,1667	,69	,6219	,2981	,277	,3362	1,5968
,20	,1457	,1341	,0382	,0803	,1829	,70	,6312	,2994	,283	,3443	1,6398
,21	,1549	,1398	,0417	,0847	,1996	,71	,6403	,3006	,287	,3528	1,6838
,22	,1640	,1454	,0454	,0891	,2169	,72	,6493	,3018	,292	,3615	1,7267
,23	,1733	,1508	,0491	,0936	,2347	,73	,6582	,3028	,297	,3707	1,7744
,24	,1825	,1560	,0529	,0980	,2530	,74	,6671	,3036	,302	,3802	1,8212
,25	,1919	,1611	,0568	,1024	,2720	,75	,6758	,3044	,306	,3902	1,8690
,26	,2013	,1662	,0608	,1069	,2913	,76	,6844	,3050	,310	,4006	1,9180
,27	,2107	,1710	,0649	,1113	,3113	,77	,6929	,3055	,314	,4116	1,9628
,28	,2202	,1758	,0691	,1158	,3318	,78	,7012	,3060	,318	,4232	2,0198
,29	,2297	,1804	,0734	,1202	,3527	,79	,7094	,3064	,322	,4354	2,0728
,30	,2393	,1850	,0777	,1247	,3742	,80	,7175	,3067	,326	,4484	2,1275
,31	,2489	,1895	,0821	,1292	,3961	,81	,7254	,3067	,330	,4623	2,1839
,32	,2586	,1938	,0866	,1337	,4186	,82	,7332	,3066	,333	,4771	2,2424
,33	,2683	,1981	,0912	,1382	,4415	,83	,7408	,3064	,337	,4930	2,3031
,34	,2780	,2023	,0958	,1427	,4649	,84	,7482	,3061	,340	,5102	2,3665
,35	,2878	,2063	,1005	,1472	,4888	,85	,7554	,3056	,343	,5389	2,4327
,36	,2975	,2103	,1052	,1518	,5132	,86	,7625	,3050	,345	,5494	2,5024
,37	,3074	,2142	,1100	,1563	,5381	,87	,7693	,3042	,348	,5719	2,5761
,38	,3172	,2181	,1149	,1609	,5634	,88	,7759	,2032	,350	,5969	2,6545
,39	,3271	,2217	,1199	,1655	,5893	,89	,7823	,3020	,352	,6251	2,7387
,40	,3370	,2252	,1248	,1702	,6155	,90	,7884	,3005	,354	,6570	2,8298
,41	,3469	,2287	,1298	,1749	,6423	,91	,7943	,2988	,355	,6939	2,9297
,42	,3568	,2322	,1348	,1795	,6694	,92	,7999	,2969	,356	,7371	3,0408
,43	,3667	,2356	,1399	,1843	,6971	,93	,8052	,2947	,357	,7889	3,1665
,44	,3767	,2390	,1451	,1890	,7252	,94	,8101	,2922	,357	,8528	3,3124
,45	,3867	,2422	,1503	,1938	,7537	,95	,8146	,2893	,356	,9345	3,4869
,46	,3955	,2454	,1555	,1986	,7828	,96	,8188	,2858	,355	1,0446	3,7054
,47	,4066	,2484	,1607	,2035	,8122	,97	,8224	,2816	,353	1,2053	3,9981
,48	,4166	,2514	,1660	,2084	,8421	,98	,8256	,2766	,351	1,4742	4,4660
,49	,4266	,2544	,1713	,2133	,8725	,99	,8280	,2696	,345	2,0804	5,2880
,50	,4366	,2574	,1767	,2183	,9033	1,00	,8293	,2538	,332	-----	-----

Tabel A.3.6. Parameter Perencanaan Hidrolis untuk Saluran Pipa Bulat

d = kedalaman aliran (m) D = diameter pipa (m) A = luas aliran (m ²) r = radius hidrolis (m) Q = debit (m ³ /dtk)						k = koefisien kekasaran Strickler (m ^{0,33} /dtk) s = kemiringan dasar saluran dan permukaan air h _{vc} = tinggi kecepatan untuk kedalaman kritis d (m) Q _c = debit apabila kedalaman kritis adalah d (m/dtk)					
$\frac{d}{D}$	$\frac{A}{D^2}$	$\frac{r}{D}$	$\frac{d}{k D^{8/3} dt^{1/2}}$	$\frac{h_{vc}}{D}$	$\frac{Q_c}{D^{5/2}}$	$\frac{d}{D}$	$\frac{A}{D^2}$	$\frac{r}{D}$	$\frac{d}{k D^{8/3} dt^{1/2}}$	$\frac{h_{vc}}{D}$	$\frac{Q_c}{D^{5/2}}$
0,01	0,0013	0,0066	0,0001	0,0033	0,0003	0,51	0,4027	0,2531	0,161	0,2014	0,800
,02	,0037	,0132	,0002	,0067	,0014	,53	,4127	,2562	,166	,2065	,830
,03	,0069	,0197	,0005	,0101	,0030	,53	,4227	,2592	,172	,2117	,861
,04	,0105	,0262	,0009	,0134	,0054	,54	,4327	,2621	,177	,2170	,892
,05	,0147	,0325	,0015	,0168	,0084	,55	,4426	,2649	,182	,2224	,924
,06	,0192	,0389	,0022	,0203	,0121	,56	,4526	,2676	,188	,2279	,957
,07	,0242	,0451	,0031	,0237	,0165	,57	,4625	,2703	,193	,2335	,990
,08	,0294	,0513	,0041	,0271	,0215	,58	,4724	,2728	,198	,2393	1,023
,09	,0350	,0575	,0052	,0306	,0271	,59	,4822	,2753	,204	,2451	1,057
,10	,0409	,0635	,0065	,0341	,0334	,60	,4920	,2776	,209	,2511	1,092
,11	,0470	,0695	,0079	,0376	,0404	,61	,5018	,2799	,215	,2572	1,127
,12	,0534	,0755	,0095	,0411	,0479	,62	,5115	,2821	,220	,2635	1,163
,13	,0600	,0813	,0113	,0446	,0561	,63	,5212	,2842	,226	,2699	1,199
,14	,0668	,0871	,0131	,0482	,0649	,64	,5308	,2862	,231	,2765	1,236
,15	,0739	,0929	,0151	,0517	,0744	,65	,5404	,2882	,236	,2833	1,274
,16	,0811	,0985	,0173	,0553	,0845	,66	,5499	,2900	,241	,2902	1,312
,17	,0885	,1042	,0196	,0589	,0952	,67	,5594	,2917	,246	,2974	1,351
,18	,0961	,1097	,0220	,0626	,1064	,68	,5687	,2933	,251	,3048	1,390
,19	,1039	,1152	,0246	,0662	,1184	,69	,5780	,2948	,256	,3125	1,431
,20	,1118	,1206	,0273	,0699	,1309	,70	,5872	,2962	,261	,3204	,1472
,21	,1199	,1259	,0302	,0736	,1440	,71	,5964	,2975	,266	,3286	1,514
,22	,1281	,1312	,0331	,0773	,1577	,72	,6054	,2987	,271	,3371	1,556
,23	,1365	,1364	,0361	,0811	,1720	,73	,6143	,2998	,275	,3459	1,600
,24	,1449	,1416	,0394	,0848	,1869	,74	,6231	,3008	,280	,3552	1,644
,25	,1535	,1466	,0427	,0887	,2025	,75	,6319	,3017	,284	,3648	1,690
,26	,1623	,1516	,0462	,0925	,2185	,76	,6405	,3024	,289	,3749	1,736
,27	,1711	,1566	,0497	,0963	,2351	,77	,6489	,3031	,293	,3855	1,784
,28	,1800	,1614	,0534	,1002	,2524	,78	,6573	,3036	,297	,3967	1,833
,29	,1890	,1662	,0571	,1042	,2701	,79	,6655	,3039	,301	,4085	1,883
,30	,1982	,1709	,0610	,1081	,2885	,80	,6736	,3042	,305	,4210	1,935
,31	,2074	,1756	,0650	,1121	,3074	,81	,6815	,3043	,308	,4343	1,989
,32	,2167	,1802	,0691	,1161	,3269	,82	,6893	,3043	,312	,4485	2,044
,33	,2260	,1847	,0733	,1202	,3469	,83	,6969	,3041	,315	,4638	2,101
,34	,2355	,1891	,0776	,1243	,3675	,84	,7043	,3038	,318	,4803	2,161
,35	,2450	,1935	,0820	,1284	,3887	,85	,7115	,3033	,321	,4982	2,224
,36	,2546	,1978	,0864	,1326	,4104	,86	,7188	,3026	,324	,5177	2,229
,37	,2642	,2020	,0909	,1368	,4326	,87	,7262	,3018	,326	,5392	2,358
,38	,2739	,2062	,0956	,1411	,4554	,88	,7320	,3007	,328	,5632	2,432
,39	,2836	,2120	,1003	,1454	,4787	,89	,7384	,2995	,330	,5900	2,511
,40	,2934	,2142	,1051	,1497	,5026	,90	,7445	,2980	,332	,6204	2,597
,41	,3032	,2182	,1099	,1541	,5270	,91	,7505	,2963	,334	,6555	2,690
,42	,3130	,2220	,1147	,1586	,5519	,92	,7560	,2944	,334	,6966	2,794
,43	,3229	,2258	,1197	,1631	,5774	,93	,7612	,2921	,335	,7459	2,911
,44	,3328	,2295	,1248	,1676	,6034	,94	,7662	,2895	,335	,8065	3,047
,45	,3428	,2331	,1298	,1723	,6299	,95	,7707	,2865	,335	,8841	3,209
,46	,3527	,2366	,1353	,1769	,6569	,96	,7749	,2829	,334	,9885	3,411
,47	,3627	,2401	,1400	,1817	,6845	,97	,7785	,2787	,332	1,1410	3,682
,48	,3727	,2435	,1454	,1865	,7127	,98	,7817	,2735	,329	1,3958	4,089
,49	,3827	,2468	,1508	,1914	,7413	,99	,7841	,2666	,325	1,9700	4,873
,50	,3927	,2500	,1561	,1964	,7705	1,00	,7854	,2500	,312	-----	-----

DAFTAR PERISTILAHAN IRIGASI

A.A.S.T.H.O.	<i>American Association of State Highway Officials</i>
abrasi	hempasan atau penggerusan oleh gerakan air dan butiran kasar yang terkandung di dalamnya <i>adjustableproportional module</i> pengaturan tinggi bukaan lubang pada alat ukur <i>Crumpde Gruyter</i>
aerasi	pemasukan udara, untuk menghindari tekanan subatmosfer
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 aliran sempurna
alat ukur <i>Parshall</i>	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 <i>Froude</i> = 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 <i>Froude</i> (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 (<i>braiding</i>)
aliran terkonsentrasi	aliran pada penampang yang lebih sempit, misal di dasar 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 $1,75 \times$ tinggi limpasan
ambang moduler	ambang dengan aliran moduler/sempurna
ambang tajam teraerasi	ambang tajam dengan tekanan dibawah pelimpahan sebesar 1 atm, dengan menghubungkannya dengan udara luar

ambang ujung	ambang di ujung hilir kolam olak (<i>end sill</i>)
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 <i>Lane</i>)
artifisial	buatan manusia
AWLR	<i>Automatic Water Level Recorder</i> , alat duga muka air otomatis
bagian atas pangkal	elevasi puncak pangkal bendung (<i>top of abutment</i>)
bagian normal	bagian saluran dengan aliran seragam
bagian peralihan	bagian pada penyempitan/pelebaran
bak tenggelam	bentuk bak (<i>bucket</i>), 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 pengatur 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 <i>Atterberg</i>	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 <i>tyroller</i>
bentang efektif	bentang yang diambil dalam perhitungan struktural jembatan
bibit unggul	bibit tertentu yang produksinya lebih tinggi dari bibit lokal
bilangan <i>Froude</i>	bilangan tak berdimensi yang menyatakan hubungan antara kecepatan gravitasi dan tinggi aliran dengan rumus:
	$Fr < 1$: subkritis
	$Fr > 1$: superkritis
	$Fr = 1$: kritis
	$Fr = v/\sqrt{gh}$, dimana
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 menutup aliran 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
<i>bunded rice field</i>	sawah yang dikelilingi tanggul kecil
busur baja	baja lengkung penunjang terowongan saat pelaksanaan
CBR	<i>California Bearing Ratio</i> ; 0 suatu metode pengujian standar untuk mengetahui daya dukung lapisan dasar jalan raya
celah kontrol trapesium	bangunan pengontrol muka air dengan celah berbentuk trapesium
cerobong (<i>shaft</i>)	lobang vertikal untuk pemeriksaan bagian bawah konstruksi, misal dasar sipon
<i>Constant Head Orifice</i> (CHO)	tipe alat 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.	<i>Diversion Requirement</i> , besarnya 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
<i>dewatering</i>	usaha pengeringan dengan berbagai cara, misal pemompaan
<i>diluvium</i>	endapan sungai data lingkungan dan ekologi data-data yang meliputi data fisik, biologi, kimiawi, sosio ekonomi dan budaya
dinding halang	dinding vertikal/miring dibawah bendung, berfungsi memperpanjang jalur/garis rembesan (<i>cut-off</i>)
<i>double massplot</i>	kurve 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 (<i>piping</i>)
erosi bawah tanah	terbawanya butir tanah pondasi akibat gaya rembesan (<i>piping</i>)
evaporasi	penguapan
evapotranspirasi	kehilangan air total akibat penguapan dari muka tanah dan transpirasi tanaman
F.A.O.	<i>Food and Agriculture Organization</i> 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
<i>filter</i>	konstruksi untuk melewatkan air tanpa membawa butiran tanah
fleksibilitas	perbandingan antara besarnya perubahan debit suatu bukaan dengan bukaan lainnya fleksibilitas eksploitasi

	pompakapasitas 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.	<i>Gross Field Water Requirement</i> kebutuhan air total (<i>bruto</i>) di sawah dengan mempertimbangkan faktor-faktor pengolahan lahan, rembesan, penggunaan konsumtif dan penggantian lapisan air
gambar pabrikaan	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 (<i>as built drawing</i>)
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 keatas	tekanan keatas, umumnya disebabkan tekanan air (<i>uplift</i>)
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 <i>Froude</i> antara 0,55 s/d 1,40

geluh (<i>loam</i>)	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
<i>gully</i>	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
<i>hockey stick</i>	<i>layout</i> 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	<i>Institute of Hydraulic Engineering</i> (DPMA)
I.R.R	<i>Internal Rate of Return</i> 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 (<i>counterflow irrigation</i>)
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 di bagian 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 meresapan air melalui tanah, dinyatakan dalam satuan panjang/satuan waktu (L/T)
kemampuan tanah	kemampuan lahan untuk budidaya tanaman tertentu 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 (<i>trash rack</i>)
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 penampang 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 <i>subbase</i>	lapisan antara lapisan dasar (<i>base</i>) 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 kontraksi 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/ <i>curve</i>	pengempanganlengkung 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 longsor, 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.	<i>Main Off-take Water Requirement</i> besarnya kebutuhan air pada pintu sadap utama
<i>meandering</i>	aliran sungai berbelok-belok dan berpindah-pindah
mercu	bagian atas dari pelimpah atau tanggul
metode debit diatas ambang	<i>Peak Over Treshold</i> , suatu metode menaksir banjir rencana, dimana data hidrograf aliran terbatas (misal : 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
<i>micro film</i>	film positif berukuran kecil ($\pm 8 \times 12$ mm) 'hanya dapat dibaca dengan alat khusus yang disebut <i>micro fiche reader</i>
<i>mode of failure</i> (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.	<i>Net-Field Water Requirement</i> satuan kebutuhan bersih (<i>netto</i>) 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 Tirta, 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 (<i>shunt undersluice</i>)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 selintas, 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 (<i>semi control</i>)
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 <i>Hydraulic Ram</i> atau pompa hidran, tenaga penggerakannya berasal dari impuls aliran
ppm	<i>part per million</i>
prasarana (infrastruktur)	fasilitas untuk pelayanan masyarakat seperti : jaringan jalan, irigasi, bangunan umum
prasaturasi	penjenuhan tanah pada awal musim hujan
program ekstensifikasi	usaha peningkatan produksi dengan peng-anekaragaman usaha tani, misal: Jenis tanaman, ternak, perikanan, dll
program intensifikasi	usaha peningkatan produksi pertanian dengan menyempurnakan 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
<i>ripples</i>	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.	<i>Secondary Off-take Water Requirement</i> 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 (<i>coak</i>) untuk naik turunnya pintu
studi simulasi	suatu cara mengevaluasi perilaku suatu konstruksi/proyek (misalnya waduk, bendung, jaringan irigasi dsb), dengan memasukkan 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 bendung
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 di manasedimen tidak dapatdikuras/dibilas dengan kecepatan aliran(<i>dead comer</i>)
sumber bahan timbunan	tempat pengambilan bahan timbunan tanah dan pasir
surface roller	gerakan aliran yang menggelinding pada permukaan konstruksi
T.O.R.	<i>Tertiary Off-take Requirement</i> besarnya kebutuhan air pada pintu sadap tersier
talang sipon	sipon melintasi alur sungai dimana dasar sipon terletak

	diatas muka air banjir
tampakan (<i>feature</i>)	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 (<i>upland crop</i>)
tanggul banjir	konstruksi untuk mencegah terjadinya banjir di 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 subatmosfer	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 saluranginggi 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
<i>transmissivity</i>	perkalian antara koefisien 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 olah)
U.S.B.R	<i>United States Bureau of Reclamation</i>
U.S.C.E	<i>United States Army Corps of Engineers</i>
U.S.C.S	<i>Unified Soil Classification System</i>

U.S.D.A	<i>United States Department of Agriculture</i>
U.S.S.C.S	<i>United States Soil Conservation Service</i>
ulu-ulu	petugas pengairan desa yang bertanggung jawab atas pembagian air pada 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.
