



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

STANDAR PERENCANAAN IRIGASI

**KRITERIA PERENCANAAN
BAGIAN
PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI
KP-01**

2013



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR

S A M B U T A N

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

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

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

standar tersebut, perkembangan teknologi pertanian, isu lingkungan (seperti pemanasan global dan perubahan iklim), kebijakan partisipatif, irigasi hemat air, serta persiapan menuju irigasi modern (efektif, efisien dan berkesinambungan).

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

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

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

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

Jakarta, Februari 2013

Direktur Jenderal Sumber Daya Air



DR. Ir. Moh. Hasan, Dipl.HE
NIP. 19530509 197811 1001

KATA PENGANTAR

Setelah melalui proses pengumpulan data, diskusi ahli dan penelitian terhadap pelaksanaan Standar Perencanaan Irigasi terdahulu serta hasil perencanaan yang telah dilakukan, maka Direktorat Jenderal Sumber Daya Air menyusun suatu **Kriteria Perencanaan Irigasi** yang merupakan hasil *review* dari Standar Perencanaan Irigasi edisi sebelumnya dengan menyesuaikan beberapa parameter serta menambahkan perencanaan bangunan yang dapat 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 perencana 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 perencana yang belum memiliki banyak pengalaman, tetapi dalam penerapannya masih memerlukan kajian teknik dari pemakainya. Dengan demikian siapa pun yang akan menggunakan Kriteria Perencanaan Irigasi ini tidak akan lepas dari tanggung jawabnya sebagai perencana dalam merencanakan bangunan irigasi yang aman dan memadai.

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

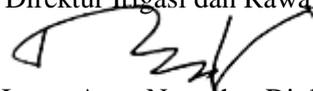
1. Direktorat Irigasi dan Rawa
2. Puslitbang Air

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

Semoga Kriteria Perencanaan Irigasi ini bermanfaat dan memberikan sumbangan dalam pengembangan irigasi di 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
1.2 Kesahihan/Validitas dan Keterbatasan.....	2
1.3 Tingkat-Tingkat Jaringan Irigasi.....	5
1.3.1 Unsur dan Tingkatan Jaringan	5
1.3.2 Irigasi Sederhana.....	6
1.3.3 Jaringan Irigasi Semiteknis	7
1.3.4 Jaringan Irigasi Teknis	8
BAB II JARINGAN IRIGASI.....	13
2.1 Pendahuluan	13
2.2 Petak Ikhtisar.....	13
2.2.1 Petak Tersier.....	14
2.2.2 Petak Sekunder.....	15
2.2.3 Petak Primer	15
2.3 Bangunan.....	16
2.3.1 Bangunan Utama.....	16
2.3.2 Jaringan Irigasi	18
2.3.3 Bangunan Bagi dan Sadap	20
2.3.4 Bangunan-Bangunan Pengukur dan Pengatur.....	21
2.3.5 Bangunan Pengatur Muka Air.....	22
2.3.6 Bangunan Pembawa.....	23
2.3.7 Bangunan Lindung.....	25
2.3.8 Jalan dan Jembatan.....	27
2.3.9 Bangunan Pelengkap.....	27
2.4 Standar Tata Nama	28
2.4.1 Daerah Irigasi.....	28
2.4.2 Jaringan Irigasi Primer	29
2.4.3 Jaringan Irigasi Tersier.....	32
2.4.4 Jaringan Pembuang	33
2.4.5 Tata Warna Peta	35
2.5 Definisi mengenai Irigasi	35
BAB III PENAHAPAN PERENCANAAN IRIGASI.....	37
3.1 Pendahuluan	37
3.2 Tahap Studi	43

3.2.1	Studi Awal.....	50
3.2.2	Studi Identifikasi	51
3.2.3	Studi Pengenalan.....	52
3.2.4	Studi Kelayakan	56
3.3	Tahap Perencanaan.....	58
3.3.1	Taraf Perencanaan Pendahuluan	59
3.3.2	Taraf Perencanaan Akhir.....	66
BAB VI DATA, PENGUKURAN DAN PENYELIDIKAN UNTUK PERENCANAAN IRIGASI		71
4.1	Umum.....	71
4.1.1	Pengumpulan Data	71
4.1.2	Sifat-Sifat Data.....	71
4.1.3	Ketelitian Data	72
4.2	Hidrometeorologi	73
4.2.1	Data	73
4.2.2	Curah Hujan	74
4.2.3	Evapotranspirasi.....	75
4.2.4	Banjir Rencana.....	76
4.2.5	Debit Andalan	78
4.3	Pengukuran.....	80
4.3.1	Pengukuran Topografi.....	80
4.3.2	Pengukuran Sungai dan Lokasi Bendung.....	82
4.3.3	Pengukuran Trase Saluran.....	83
4.3.4	Pengukuran Lokasi Bangunan.....	84
4.4	Data Geologi Teknik	84
4.4.1	Tahap Studi	84
4.4.2	Penyelidikan Detail	87
4.5	Bahan Bangunan	88
4.6	Penyelidikan Model Hidrolis	90
4.7	Tanah Pertanian.....	91
BAB V PEREKAYASAAN.....		95
5.1	Taraf-Taraf Perencanaan	95
5.1.1	Perencanaan Garis Besar	95
5.1.2	Perencanaan Pendahuluan.....	96
5.1.3	Perencanaan Akhir	99
5.2	Penghitungan Neraca Air	101
5.2.1	Tersedianya Air.....	102
5.2.2	Kebutuhan Air.....	103
5.2.3	Neraca Air.....	105
5.3	Tata Letak.....	106
5.3.1	Taraf Perencanaan Pendahuluan	106
5.3.2	Taraf Perencanaan Akhir.....	109

5.4	Perencanaan Saluran	109
5.4.1	Perencanaan Pendahuluan	109
5.4.2	Perencanaan Akhir	119
5.5	Perencanaan Bangunan Utama untuk Bendung Tetap, Bendung Gerak, dan Bendung Karet.....	121
5.5.1	Taraf Perencanaan Pendahuluan	121
5.5.2	Taraf Perencanaan Akhir.....	131
DAFTAR PUSTAKA		133
LAMPIRAN I RUMUS BANJIR EMPIRIS		135
LAMPIRAN II KEBUTUHAN AIR DI SAWAH UNTUK PADI		161
LAMPIRAN III ANALISIS DAN EVALUASI		
DATA HIDROMETEOROLOGI.....		189
DAFTAR PERISTILAHAN IRIGASI		213

DAFTAR TABEL

Tabel 1-1. Klasifikasi Jaringan Irigasi.....	5
Tabel 2-1. Alat-Alat Ukur	21
Tabel 3-1. Penahapan Proyek	39
Tabel 3-2. Kegiatan-Kegiatan pada Tahap Studi.....	53
Tabel 3-3. Kegiatan-Kegiatan dalam Tahap Perencanaan Jaringan Utama.....	60
Tabel 4-1. Parameter Perencanaan	75
Tabel 4-2. Parameter perencanaan evapotranspirasi	76
Tabel 4-3. Banjir Rencana	78
Tabel 4-4. Debit Andalan	79
Tabel 4-5. Karakteristik Perencanaan Tanah/Batuan	87
Tabel 5-1. Perhitungan Neraca Air.....	102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1.	Jaringan Irigasi Sederhana.....	7
Gambar 1-2.	Jaringan Irigasi Semi Teknis	8
Gambar 1-3.	Jaringan Irigasi Teknis	11
Gambar 2-1.	Saluran-Saluran Primer dan Sekunder.....	19
Gambar 2-2.	Standar Sistem Tata Nama untuk Skema Irigasi	30
Gambar 2-3.	Standar Sistem Tata Nama untuk Bangunan-Bangunan.....	31
Gambar 2-4.	Sistem Tata Nama Petak Rotasi dan Kuarter	33
Gambar 2-5.	Sistem Tata Nama Jaringan Pembuang	34
Gambar 2-6.	Definisi Daerah-Daerah Irigasi	36
Gambar 3-1.	Daur/Siklus Proyek.....	41
Gambar 3-2.	Urut-Urutan Kegiatan Proyek	43
Gambar 3-3.	Bagan Kegiatan-Kegiatan pada Tahap Studi dan Perencanaan.....	45
Gambar 3-4.	Bagan Kegiatan-Kegiatan pada Tahap Studi dan Perencanaan (lanjutan)	46
Gambar 3-5.	Bagan Kegiatan-Kegiatan pada Tahap Studi dan Perencanaan (lanjutan)	47
Gambar 3-6.	Bagian Kegiatan-Kegiatan pada Tahap Studi Detail Desain.....	48
Gambar 3-7.	Bagan Kegiatan-Kegiatan pada Tahap Studi Detail Desain (lanjutan)	49
Gambar 5-1.	Tinggi Bangunan Sadap Tersier yang Diperlukan	111
Gambar 5-2.	Situasi Bangunan-Bangunan Sadap Tersier	114
Gambar 5-3.	Trase Saluran Primer pada Medan yang Tidak Teratur.....	117
Gambar 5-4.	Bagan Perencanaan Saluran	120
Gambar 5-5.	Lokasi Bendung pada Profil Memanjang Sungai	124
Gambar 5-6.	Denah Bangunan Utama.....	125
Gambar 5-7.	Konfigurasi Pintu Pengambilan.....	126

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Umum

Kriteria Perencanaan Jaringan Irigasi ini merupakan bagian dari Standar Kriteria Perencanaan Irigasi dari Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.

Bagian mengenai Kriteria Perencanaan Jaringan Irigasi ini khusus membicarakan berbagai tahap perencanaan yang mengarah kepada penyelesaian jaringan utama irigasi. Bagian ini menguraikan semua data-data yang diperlukan, serta hasil akhir masing-masing tahap.

Kriteria perencanaan yang diuraikan disini berlaku untuk perencanaan jaringan irigasi teknis.

Dalam Bab II diberikan uraian mengenai berbagai unsur jaringan irigasi teknis: petak-petak irigasi, bangunan utama, saluran dan bangunan. Pada persiapan pembangunan sampai dengan perencanaan akhir dibagi menjadi dua tahap yaitu, Tahap Studi dan Tahap Perencanaan. Tahap Studi dibicarakan untuk melengkapi pada persiapan proyek.

Bab III menyajikan uraian mengenai berbagai tahap studi dan tahap perencanaan.

Kriteria tentang Tahap Studi merupakan dasar pengambilan keputusan dimulainya perencanaan irigasi (Tahap Perencanaan). Segi-segi teknis dan nonteknis akan sama-sama memainkan peran. Laporan tentang hasil-hasil studi yang telah dilakukan mencakup pula keterangan pokok mengenai irigasi yang direncanakan, serta kesimpulan yang berkenaan dengan tipe jaringan, tata letak dan pola tanam.

Pada permulaan Tahap Perencanaan, kesimpulan yang diperoleh dari Tahap Studi akan ditinjau kembali sejauh kesimpulan tersebut berkenaan dengan perencanaan

jaringan irigasi. Peninjauan semacam ini perlu, karena dalam Tahap-tahap Studi dan Perencanaan banyak instansi pemerintah yang terlibat didalamnya.

Bab IV menguraikan data-data yang diperlukan untuk perencanaan proyek irigasi. Bidang yang dicakup antara lain adalah hidrologi, topografi, model, hidrolis, geoteknik dan tanah pertanian.

Bab V menyajikan Perencanaan (*Engineering Design*), membicarakan berbagai tahap dalam perencanaan, yang dijadikan dasar untuk Tahap Perencanaan adalah perencanaan yang telah dipersiapkan dalam Tahap Studi.

Dalam Tahap Perencanaan, ada dua taraf perencanaan, yakni:

- Perencanaan pendahuluan (awal)
- Perencanaan akhir (detail).

Pada taraf perencanaan pendahuluan, diputuskan mengenai daerah irigasi, ketinggian dan tipe bangunan. Hasil-hasil keputusan ini saling mempengaruhi satu sama lain secara langsung. Untuk memperoleh hasil perencanaan yang terbaik, diperlukan pengetahuan dan penguasaan yang mendalam mengenai semua kriteria perencanaan.

Unsur-unsur kriteria perencanaan jaringan irigasi akan dibicarakan dalam bagian: Bangunan Utama, Saluran, Bangunan dan Petak Tersier. Kriteria tersebut khusus sifatnya, artinya kriteria perencanaan untuk saluran hanya berlaku untuk saluran dan kaitan antara kriteria yang satu dengan yang lain kurang dipentingkan.

1.2 Kesahihan/Validitas dan Keterbatasan

Kriteria Perencanaan ini memberikan petunjuk, standar dan prosedur yang digunakan dalam perencanaan jaringan irigasi teknis penuh.

Kriteria Perencanaan ini terutama dimaksudkan untuk dipakai sebagai kriteria dalam praktek perencanaan dengan menghasilkan desain yang aman bagi mereka yang

berkecimpung dalam perencanaan jaringan irigasi, di Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Kementerian Pekerjaan Umum.

Kriteria tersebut memenuhi tujuan itu dengan tiga cara:

- (1) Memberikan informasi dan data-data yang diperlukan kepada para perəkayasa untuk menunjang tercapainya perencanaan irigasi yang baik.
- (2) Memberikan pengetahuan keahlian dan teknik mengenai perencanaan atau pekerjaan irigasi dalam bentuk yang siap pakai bagi para perəkayasa yang belum begitu berpengalaman di bidang ini.
- (3) Menyederhanakan prosedur perencanaan bangunan-bangunan irigasi.

Walaupun terutama berkenaan dengan perencanaan jaringan irigasi, Kriteria Perencanaan tersebut memberikan pedoman dan petunjuk yang luas mengenai data-data pendukung yang harus dikumpulkan.

Adalah penting bagi para perencana untuk cepat menyesuaikan dengan semua metode dan pertimbangan-pertimbangan yang mempengaruhi pengumpulan data dan metode untuk sampai pada tahap kesimpulan mengenai ukuran dan tipe jaringan yang akan dipakai. Oleh karena itu, Kriteria Perencanaan Jaringan Irigasi semata-mata membicarakan aspek-aspek proses perencanaan saja.

Hanya jaringan dan teknik irigasi yang umum dipakai di Indonesia saja yang akan dibicarakan. Pokok bahasan ditekankan pada perencanaan sistem irigasi gravitasi, dimana air diperoleh dari bangunan pengambilan (*intake*) di sungai dan bendung pelimpah tetap, karena keduanya merupakan tipe-tipe yang paling umum digunakan.

Kriteria Perencanaan tersebut tidak dimaksudkan untuk membahas teknik irigasi yang memiliki masalah khusus atau jaringan irigasi dengan ukuran yang besar, atau perencanaan jaringan yang memerlukan penggunaan teknik yang lebih tepat, demi memperoleh penghematan-penghematan ekonomis yang penting.

Dimana mungkin, metode-metode perencanaan justru disederhanakan untuk menghindari prosedur yang rumit dan penyelidikan-penyelidikan khusus yang diperlukan untuk pembangunan yang besar atau keadaan yang luar biasa. Disini diberikan penjelasan yang dianggap cukup memadai mengenai faktor-faktor keamanan yang dipakai didalam teknik perencanaan.

Kriteria Perencanaan ini sama sekali tidak dimaksudkan untuk berasumsi bahwa tanggung jawab perencanaan dapat dilimpahkan kepada personel/tenaga yang kurang ahli, tetapi lebih untuk menunjukkan pentingnya suatu latihan keahlian dan mendorong digunakannya secara luas oleh tenaga ahli yang berpendidikan dan berpengalaman di bidang teknik.

Diharapkan Kriteria Perencanaan ini akan dapat menyumbangkan sesuatu yang bermanfaat bagi mereka yang berkecimpung dalam bidang perencanaan proyek irigasi. Akan tetapi, bagaimanapun juga Kriteria Perencanaan tersebut tidak membebaskan instansi atau pihak pengguna dari tanggung jawab membuat perencanaan yang aman dan memadai. Keterbatasan-keterbatasan yang ada tersebut hendaknya diperhatikan dan dapat disimpulkan sebagai berikut: Standar Perencanaan ini merupakan keharusan untuk dipakai di lingkungan Direktorat Jenderal Sumber Daya Air dalam tugasnya dibidang pembangunan irigasi. Batasan dan syarat yang tertuang dalam tiap bagian buku dibuat sedemikian untuk siap pakai. Penyimpangan dari standar ini hanya dimungkinkan dengan ijin Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. Dengan demikian siapapun yang akan menggunakan standar ini dan ada yang memerlukan kajian teknik, tidak akan lepas dari tanggung jawabnya sebagai perencana dalam merencanakan bangunan irigasi yang aman dan memadai. Hal ini sesuai dengan Undang-Undang Jasa Konstruksi.

1.3 Tingkat-Tingkat Jaringan Irigasi

1.3.1 Unsur dan Tingkatan Jaringan

Berdasarkan cara pengaturan pengukuran aliran air dan lengkapnya fasilitas, jaringan irigasi dapat dibedakan ke dalam tiga tingkatan lihat Tabel 1-1. yakni:

- Sederhana
- Semiteknis, atau
- Teknis.

Ketiga tingkatan tersebut diperlihatkan pada Gambar 1-1., 1-2. dan 1-3.

Tabel 1-1. Klasifikasi Jaringan Irigasi

No.	Jaringan Irigasi	Klasifikasi Jaringan Irigasi		
		Teknis	Semiteknis	Sederhana
1	Bangunan Utama	Bangunan permanen	Bangunan permanen atau semi permanen	Bangunan sementara
2	Kemampuan bangunan dalam mengukur dan mengatur debit	Baik	Sedang	Jelek
3	Jaringan saluran	Saluran irigasi dan pembuang terpisah	Saluran irigasi dan pembuang tidak sepenuhnya terpisah	Saluran irigasi dan pembuang jadi satu
4	Petak tersier	Dikembangkan sepenuhnya	Belum dikembangkan atau densitas bangunan tersier jarang	Belum ada jaringan terpisah yang dikembangkan
5	Efisiensi secara keseluruhan	Tinggi 50% - 60% (Ancar-ancar)	Sedang 40% – 50% (Ancar-ancar)	Kurang < 40% (Ancar-ancar)
6	Ukuran	Tak ada batasan	Sampai 2.000 ha	Tak lebih dari 500 ha
7	Jalan Usaha Tani	Ada keseluruh areal	Hanya sebagian areal	Cenderung tidak ada
8	Kondisi O&P	- Ada instansi yang menangani - Dilaksanakan teratur	Belum teratur	Tidak ada O&P

Dalam konteks Standarisasi Irigasi ini, hanya irigasi teknis saja yang ditinjau. Bentuk irigasi yang lebih maju ini cocok untuk dipraktekkan disebagian besar pembangunan irigasi di Indonesia.

Dalam suatu jaringan irigasi dapat dibedakan adanya empat unsur fungsional pokok, yaitu:

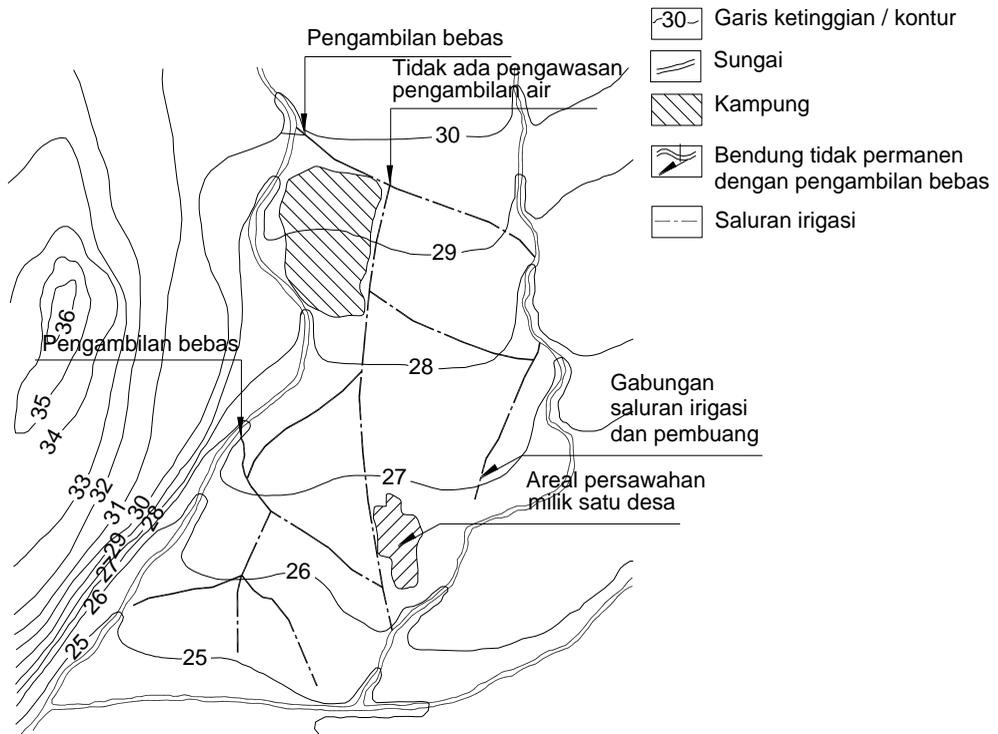
- Bangunan-bangunan utama (*head works*) dimana air diambil dari sumbernya, umumnya sungai atau waduk,
- Jaringan pembawa berupa saluran yang mengalirkan air irigasi ke petak-petak tersier,
- Petak-petak tersier dengan sistem pembagian air dan sistem pembuangan kolektif, air irigasi dibagi-bagi dan dialirkan ke sawah-sawah dan kelebihan air ditampung didalam suatu sistem pembuangan didalam petak tersier,
- Sistem pembuang berupa saluran dan bangunan bertujuan untuk membuang kelebihan air dari sawah ke sungai atau saluran-saluran alamiah.

1.3.2 Irigasi Sederhana

Didalam irigasi sederhana, lihat Gambar 1-1. pembagian air tidak diukur atau diatur, air lebih akan mengalir ke saluran pembuang. Para petani pemakai air itu tergabung dalam satu kelompok jaringan irigasi yang sama, sehingga tidak memerlukan keterlibatan pemerintah didalam organisasi jaringan irigasi semacam ini. Persediaan air biasanya berlimpah dengan kemiringan berkisar antara sedang sampai curam. Oleh karena itu hampir-hampir tidak diperlukan teknik yang sulit untuk sistem pembagian airnya.

Jaringan irigasi yang masih sederhana itu mudah diorganisasi tetapi memiliki kelemahan-kelemahan yang serius. Pertama-tama, ada pemborosan air dan karena pada umumnya jaringan ini terletak di daerah yang tinggi, air yang terbuang itu tidak selalu dapat mencapai daerah rendah yang lebih subur. Kedua, terdapat banyak

penyadapan yang memerlukan lebih banyak biaya lagi dari penduduk karena setiap desa membuat jaringan dan pengambilan sendiri-sendiri. Karena bangunan pengelaknya bukan bangunan tetap/permanen, maka umurnya mungkin pendek.

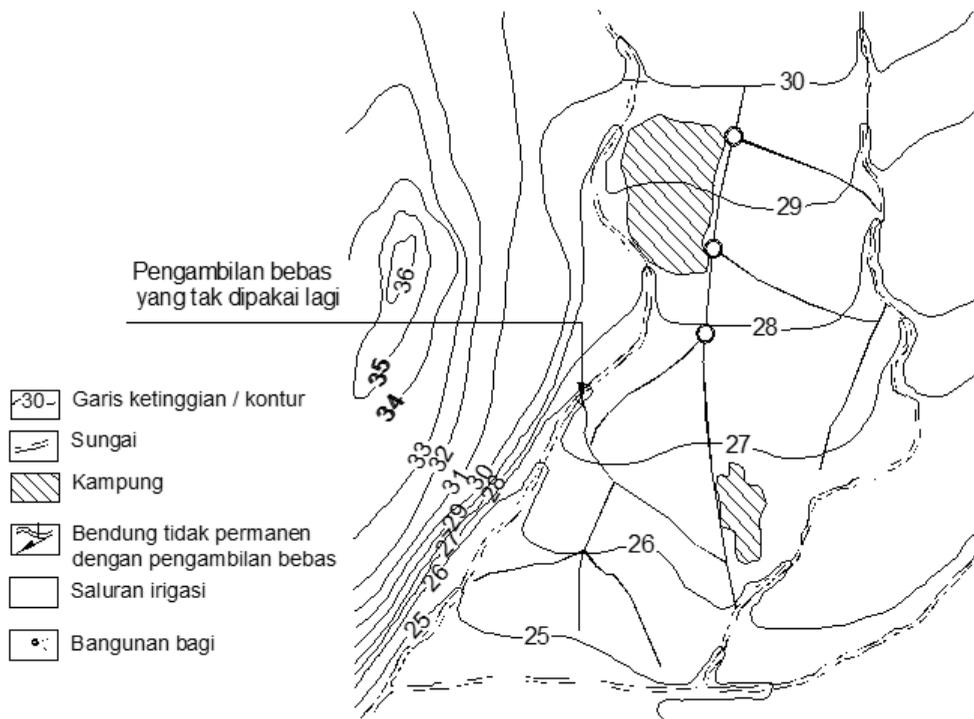


Gambar 1-1. Jaringan Irigasi Sederhana

1.3.3 Jaringan Irigasi Semiteknis

Dalam banyak hal, perbedaan satu-satunya antara jaringan irigasi sederhana dan jaringan semiteknis adalah bahwa jaringan semiteknis ini bendungnya terletak di sungai lengkap dengan bangunan pengambilan dan bangunan pengukur di bagian hilirnya. Mungkin juga dibangun beberapa bangunan permanen di jaringan saluran. Sistem pembagian air biasanya serupa dengan jaringan sederhana (lihat Gambar 1-2). Adalah mungkin bahwa pengambilan dipakai untuk melayani/mengairi daerah yang

lebih luas dari daerah layanan pada jaringan sederhana. Oleh karena itu biayanya ditanggung oleh lebih banyak daerah layanan. Organisasinya akan lebih rumit jika bangunan tetapnya berupa bangunan pengambilan dari sungai, karena diperlukan lebih banyak keterlibatan dari pemerintah, dalam hal ini Kementerian Pekerjaan Umum.



Gambar 1-2. Jaringan Irigasi Semi Teknis

1.3.4 Jaringan Irigasi Teknis

Salah satu prinsip dalam perencanaan jaringan teknis adalah pemisahan antara jaringan irigasi dan jaringan pembuang/pematus. Hal ini berarti bahwa baik saluran irigasi maupun pembuang tetap bekerja sesuai dengan fungsinya masing-masing, dari pangkal hingga ujung. Saluran irigasi mengalirkan air irigasi ke sawah-sawah dan

saluran pembuang mengalirkan air lebih dari sawah-sawah ke saluran pembuang alamiah yang kemudian akan diteruskan ke laut (lihat Gambar 1-3.).

Petak tersier menduduki fungsi sentral dalam jaringan irigasi teknis.

Sebuah petak tersier terdiri dari sejumlah sawah dengan luas keseluruhan yang idealnya maksimum 50 ha, tetapi dalam keadaan tertentu masih bisa ditolerir sampai seluas 75 ha. Perlunya batasan luas petak tersier yang ideal hingga maksimum adalah agar pembagian air di saluran tersier lebih efektif dan efisien hingga mencapai lokasi sawah terjauh.

Permasalahan yang banyak dijumpai di lapangan untuk petak tersier dengan luasan lebih dari 75 ha antara lain:

- dalam proses pemberian air irigasi untuk petak sawah terjauh sering tidak terpenuhi,
- kesulitan dalam mengendalikan proses pembagian air sehingga sering terjadi pencurian air,
- banyak petak tersier yang rusak akibat organisasi petani setempat yang tidak terkelola dengan baik.

Semakin kecil luas petak dan luas kepemilikan maka semakin mudah organisasi setingkat P3A/GP3A untuk melaksanakan tugasnya dalam melaksanakan operasi dan pemeliharaan. Petak tersier menerima air di suatu tempat dalam jumlah yang sudah diukur dari suatu jaringan pembawa yang diatur oleh Institusi Pengelola Irigasi.

Pembagian air didalam petak tersier diserahkan kepada para petani. Jaringan saluran tersier dan kuarter mengalirkan air ke sawah. Kelebihan air ditampung didalam suatu jaringan saluran pembuang tersier dan kuarter dan selanjutnya dialirkan ke jaringan pembuang primer.

Jaringan irigasi teknis yang didasarkan pada prinsip-prinsip diatas adalah cara pembagian air yang paling efisien dengan mempertimbangkan waktu merosotnya

persediaan air serta kebutuhan-kebutuhan pertanian. Jaringan irigasi teknis memungkinkan dilakukannya pengukuran aliran, pembagian air irigasi dan pembuangan air lebih secara efisien.

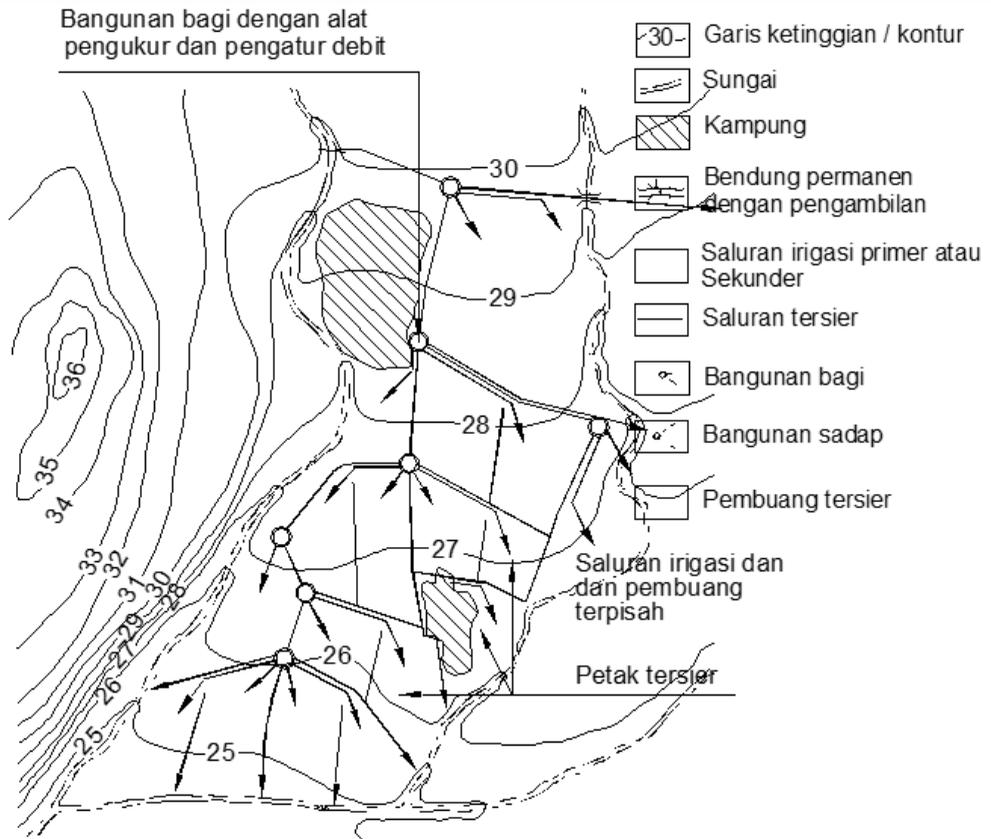
Jika petak tersier hanya memperoleh air pada satu tempat saja dari jaringan (pembawa) utama, hal ini akan memerlukan jumlah bangunan yang lebih sedikit di saluran primer, eksploitasi yang lebih baik dan pemeliharaan yang lebih murah dibandingkan dengan apabila setiap petani diizinkan untuk mengambil sendiri air dari jaringan pembawa.

Kesalahan dalam pengelolaan air di petak-petak tersier juga tidak akan mempengaruhi pembagian air di jaringan utama.

Dalam hal-hal khusus, dibuat sistem gabungan (fungsi saluran irigasi dan pembuang digabung). Walaupun jaringan ini memiliki keuntungan tersendiri, dan kelemahan-kelemahannya juga amat serius sehingga sistem ini pada umumnya tidak akan diterapkan.

Keuntungan yang dapat diperoleh dari jaringan gabungan semacam ini adalah pemanfaatan air yang lebih ekonomis dan biaya pembuatan saluran lebih rendah, karena saluran pembawa dapat dibuat lebih pendek dengan kapasitas yang lebih kecil.

Kelemahan-kelemahannya antara lain adalah bahwa jaringan semacam ini lebih sulit diatur dan dioperasikan sering banjir, lebih cepat rusak dan menampakkan pembagian air yang tidak merata. Bangunan-bangunan tertentu didalam jaringan tersebut akan memiliki sifat-sifat seperti bendung dan relatif mahal.



Gambar 1-3. Jaringan Irigasi Teknis

BAB II JARINGAN IRIGASI

2.1 Pendahuluan

Bab ini membicarakan berbagai unsur sebuah jaringan irigasi teknis, yang selanjutnya hanya akan disebut "jaringan irigasi" saja. Disini akan diberikan definisi praktis mengenai petak primer, sekunder dan tersier.

Bangunan dibagi-bagi menurut fungsinya dan akan dijelaskan juga pemakaiannya. Rekomendasi/anjuran mengenai pemilihan tipe bangunan pengukur dan pengatur diberikan dalam bab ini. Penjelasan yang lebih terinci akan diberikan dalam bagian-bagian Kriteria Perencanaan lainnya.

Uraian fungsional umum mengenai unsur-unsur jaringan irigasi akan merupakan bimbingan bagi para perekayasa dalam menyiapkan perencanaan tata letak dan jaringan irigasi.

2.2 Petak Ikhtisar

Peta ikhtisar adalah cara penggambaran berbagai macam bagian dari suatu jaringan irigasi yang saling berhubungan. Peta ikhtisar tersebut dapat dilihat pada peta tata letak.

Peta ikhtisar irigasi tersebut memperlihatkan :

- Bangunan-bangunan utama
- Jaringan dan trase saluran irigasi
- Jaringan dan trase saluran pembuang
- Petak-petak primer, sekunder dan tersier
- Lokasi bangunan
- Batas-batas daerah irigasi
- Jaringan dan trase jalan

- Daerah-daerah yang tidak diairi (misal desa-desa)
- Daerah-daerah yang tidak dapat diairi (tanah jelek, terlalu tinggi dsb).

Peta ikhtisar umum dibuat berdasarkan peta topografi yang dilengkapi dengan garis-garis kontur dengan skala 1:25.000. Peta ikhtisar detail yang biasa disebut peta petak, dipakai untuk perencanaan dibuat dengan skala 1:5.000, dan untuk petak tersier 1:5.000 atau 1:2.000.

2.2.1 Petak Tersier

Perencanaan dasar yang berkenaan dengan unit tanah adalah petak tersier. Petak ini menerima air irigasi yang dialirkan dan diukur pada bangunan sadap (*off take*) tersier yang menjadi tanggung jawab Dinas Pengairan. Bangunan sadap tersier mengalirkan airnya ke saluran tersier.

Di petak tersier pembagian air, operasi dan pemeliharaan menjadi tanggung jawab para petani yang bersangkutan, dibawah bimbingan pemerintah. Ini juga menentukan ukuran petak tersier. Petak yang kelewat besar akan mengakibatkan pembagian air menjadi tidak efisien. Faktor-faktor penting lainnya adalah jumlah petani dalam satu petak, jenis tanaman dan topografi. Di daerah-daerah yang ditanami padi luas petak tersier idealnya maksimum 50 ha, tapi dalam keadaan tertentu dapat ditolelir sampai seluas 75 ha, disesuaikan dengan kondisi topografi dan kemudahan eksploitasi dengan tujuan agar pelaksanaan Operasi dan Pemeliharaan lebih mudah. Petak tersier harus mempunyai batas-batas yang jelas seperti misalnya parit, jalan, batas desa dan batas perubahan bentuk medan (*terrain fault*).

Petak tersier dibagi menjadi petak-petak kuarter, masing-masing seluas kurang lebih 8-15 ha.

Apabila keadaan topografi memungkinkan, bentuk petak tersier sebaiknya bujur sangkar atau segi empat untuk mempermudah pengaturan tata letak dan memungkinkan pembagian air secara efisien.

Petak tersier harus terletak langsung berbatasan dengan saluran sekunder atau saluran primer. Perkecualian: jika petak-petak tersier tidak secara langsung terletak di sepanjang jaringan saluran irigasi utama yang dengan demikian, memerlukan saluran tersier yang membatasi petak-petak tersier lainnya, hal ini harus dihindari.

Panjang saluran tersier sebaiknya kurang dari 1.500 m, tetapi dalam kenyataan kadang-kadang panjang saluran ini mencapai 2.500 m. Panjang saluran kuarter lebih baik dibawah 500 m, tetapi prakteknya kadang-kadang sampai 800 m.

2.2.2 Petak Sekunder

Petak sekunder terdiri dari beberapa petak tersier yang kesemuanya dilayani oleh satu saluran sekunder. Biasanya petak sekunder menerima air dari bangunan bagi yang terletak di saluran primer atau sekunder.

Batas-batas petak sekunder pada umumnya berupa tanda-tanda topografi yang jelas, seperti misalnya saluran pembuang. Luas petak sekunder bisa berbeda-beda, tergantung pada situasi daerah.

Saluran sekunder sering terletak di punggung medan mengairi kedua sisi saluran hingga saluran pembuang yang membatasinya. Saluran sekunder boleh juga direncana sebagai saluran garis tinggi yang mengairi lereng-lereng medan yang lebih rendah saja.

2.2.3 Petak Primer

Petak primer terdiri dari beberapa petak sekunder, yang mengambil air langsung dari saluran primer. Petak primer dilayani oleh satu saluran primer yang mengambil airnya langsung dari sumber air, biasanya sungai. Proyek-proyek irigasi tertentu mempunyai dua saluran primer. Ini menghasilkan dua petak primer.

Daerah di sepanjang saluran primer sering tidak dapat dilayani dengan mudah dengan cara menyadap air dari saluran sekunder. Apabila saluran primer melewati sepanjang

garis tinggi, daerah saluran primer yang berdekatan harus dilayani langsung dari saluran primer.

2.3 Bangunan

2.3.1 Bangunan Utama

Bangunan utama (*head works*) dapat didefinisikan sebagai kompleks bangunan yang direncanakan di dan sepanjang sungai atau aliran air untuk membelokkan air ke dalam jaringan saluran agar dapat dipakai untuk keperluan irigasi. Bangunan utama bisa mengurangi kandungan sedimen yang berlebihan, serta mengukur banyaknya air yang masuk.

Bangunan utama terdiri dari bendung dengan peredam energi, satu atau dua pengambilan utama pintu bilas kolam olak dan (jika diperlukan) kantong lumpur, tanggul banjir pekerjaan sungai dan bangunan-bangunan pelengkap.

Bangunan utama dapat diklasifikasi ke dalam sejumlah kategori, bergantung kepada perencanaannya. Berikut ini akan dijelaskan beberapa kategori.

a. Bendung, Bendung Gerak

Bendung (*weir*) atau bendung gerak (*barrage*) dipakai untuk meninggikan muka air di sungai sampai pada ketinggian yang diperlukan agar air dapat dialirkan ke saluran irigasi dan petak tersier. Ketinggian itu akan menentukan luas daerah yang diairi (*command area*). Bendung gerak adalah bangunan yang dilengkapi dengan pintu yang dapat dibuka untuk mengalirkan air pada waktu terjadi banjir besar dan ditutup apabila aliran kecil. Di Indonesia, bendung adalah bangunan yang paling umum dipakai untuk membelokkan air sungai untuk keperluan irigasi.

b. Bendung Karet

Bendung karet memiliki dua bagian pokok yaitu tubuh bendung yang terbuat dari karet dan pondasi beton berbentuk plat beton sebagai dudukan tabung karet serta

dilengkapi satu ruang kontrol dengan beberapa perlengkapan (mesin) untuk mengontrol mengembang dan mengempisnya tabung karet. Bendung berfungsi meninggikan muka air dengan cara mengembangkan tubuh bendung dan menurunkan muka air dengan cara mengempiskan tubuh bendung yang terbuat dari tabung karet dapat diisi dengan udara atau air. Proses pengisian udara atau air dari pompa udara atau air dilengkapi dengan instrumen pengontrol udara atau air (manometer).

c. Pengambilan Bebas

Pengambilan bebas adalah bangunan yang dibuat di tepi sungai yang mengalirkan air sungai ke dalam jaringan irigasi, tanpa mengatur tinggi muka air di sungai. Dalam keadaan demikian, jelas bahwa muka air di sungai harus lebih tinggi dari daerah yang diairi dan jumlah air yang dibelokkan harus dapat dijamin cukup.

d. Pengambilan dari Waduk (*Reservoir*)

Waduk (*reservoir*) digunakan untuk menampung air irigasi pada waktu terjadi surplus air di sungai agar dapat dipakai sewaktu-waktu terjadi kekurangan air. Jadi, fungsi utama waduk adalah untuk mengatur aliran sungai.

Waduk yang berukuran besar sering mempunyai banyak fungsi seperti untuk keperluan irigasi, tenaga air pembangkit listrik, pengendali banjir, perikanan dsb. Waduk yang berukuran lebih kecil dipakai untuk keperluan irigasi saja.

e. Stasiun Pompa

Irigasi dengan pompa bisa dipertimbangkan apabila pengambilan secara gravitasi ternyata tidak layak dilihat dari segi teknis maupun ekonomis. Pada mulanya irigasi pompa hanya memerlukan modal kecil, tetapi biaya eksploitasinya mahal.

2.3.2 Jaringan Irigasi

a. Saluran Irigasi

a.1. Jaringan Irigasi Utama

- Saluran primer membawa air dari bendung ke saluran sekunder dan ke petak-petak tersier yang diairi. Batas ujung saluran primer adalah pada bangunan bagi yang terakhir, lihat juga Gambar 2-1.
- Saluran sekunder membawa air dari saluran primer ke petak-petak tersier yang dilayani oleh saluran sekunder tersebut. Batas ujung saluran ini adalah pada bangunan sadap terakhir.
- Saluran pembawa membawa air irigasi dari sumber air lain (bukan sumber yang memberi air pada bangunan utama proyek) ke jaringan irigasi primer.
- Saluran muka tersier membawa air dari bangunan sadap tersier ke petak tersier yang terletak di seberang petak tersier lainnya. Saluran ini termasuk dalam wewenang Dinas Irigasi dan oleh sebab itu pemeliharaannya menjadi tanggung jawabnya.

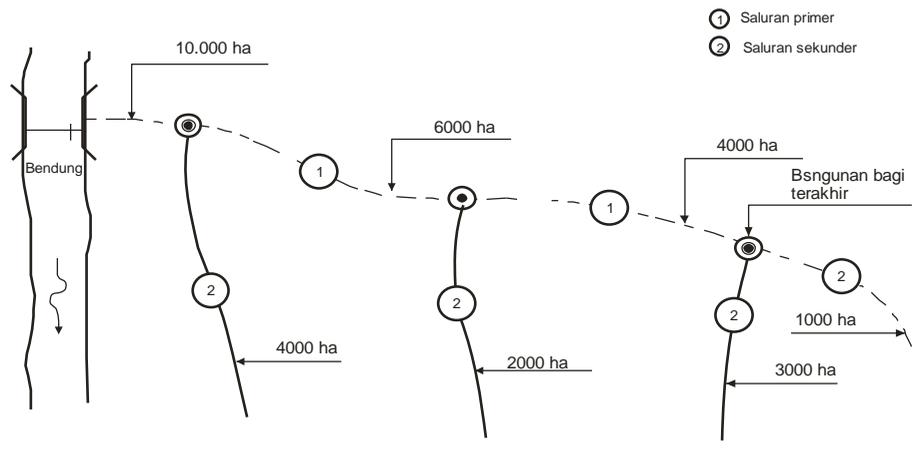
a.2. Jaringan Saluran Irigasi Tersier

- Saluran tersier membawa air dari bangunan sadap tersier di jaringan utama ke dalam petak tersier lalu ke saluran kuarter. Batas ujung saluran ini adalah boks bagi kuarter yang terakhir.
- Saluran kuarter membawa air dari boks bagi kuarter melalui bangunan sadap tersier atau parit sawah ke sawah-sawah.
- Perlu dilengkapi jalan petani ditingkat jaringan tersier dan kuarter sepanjang itu memang diperlukan oleh petani setempat dan dengan persetujuan petani setempat pula, karena banyak ditemukan di lapangan jalan petani yang rusak sehingga akses petani dari dan ke sawah menjadi terhambat, terutama untuk petak sawah yang paling ujung.
- Pembangunan sanggar tani sebagai sarana untuk diskusi antar petani sehingga partisipasi petani lebih meningkat, dan pembangunannya disesuaikan dengan

kebutuhan dan kondisi petani setempat serta diharapkan letaknya dapat mewakili wilayah P3A atau GP3A setempat.

a.3. Garis Sempadan Saluran

- Dalam rangka pengamanan saluran dan bangunan maka perlu ditetapkan garis sempadan saluran dan bangunan irigasi yang jauhnya ditentukan dalam peraturan perundangan sempadan saluran.



Gambar 2-1. Saluran-Saluran Primer dan Sekunder

b. Saluran Pembuang

b.1. Jaringan Saluran Pembuang Tersier

- Saluran pembuang kuarter terletak didalam satu petak tersier, menampung air langsung dari sawah dan membuang air tersebut kedalam saluran pembuang tersier.
- Saluran pembuang tersier terletak di dan antara petak-petak tersier yang termasuk dalam unit irigasi sekunder yang sama dan menampung air, baik dari pembuang kuarter maupun dari sawah-sawah. Air tersebut dibuang ke dalam jaringan pembuang sekunder.

b.2. Jaringan Saluran Pembuang Utama

- Saluran pembuang sekunder menampung air dari jaringan pembuang tersier dan membuang air tersebut ke pembuang primer atau langsung ke jaringan pembuang alamiah dan ke luar daerah irigasi.
- Saluran pembuang primer mengalirkan air lebih dari saluran pembuang sekunder ke luar daerah irigasi. Pembuang primer sering berupa saluran pembuang alamiah yang mengalirkan kelebihan air tersebut ke sungai, anak sungai atau ke laut.

2.3.3 Bangunan Bagi dan Sadap

Bangunan bagi dan sadap pada irigasi teknis dilengkapi dengan pintu dan alat pengukur debit untuk memenuhi kebutuhan air irigasi sesuai jumlah dan pada waktu tertentu.

Namun dalam keadaan tertentu sering dijumpai kesulitan-kesulitan dalam operasi dan pemeliharaan sehingga muncul usulan sistem proporsional. Yaitu bangunan bagi dan sadap tanpa pintu dan alat ukur tetapi dengan syarat-syarat sebagai berikut :

1. Elevasi ambang ke semua arah harus sama.
2. Bentuk ambang harus sama agar koefisien debit sama.
3. Lebar bukaan proporsional dengan luas sawah yang diairi.

Tetapi disadari bahwa sistem proporsional tidak bisa diterapkan dalam irigasi yang melayani lebih dari satu jenis tanaman dari penerapan sistem golongan.

Untuk itu kriteria ini menetapkan agar diterapkan tetap memakai pintu dan alat ukur debit dengan memenuhi tiga syarat proporsional.

- a. Bangunan bagi terletak di saluran primer dan sekunder pada suatu titik cabang dan berfungsi untuk membagi aliran antara dua saluran atau lebih.
- b. Bangunan sadap tersier mengalirkan air dari saluran primer atau sekunder ke saluran tersier penerima.
- c. Bangunan bagi dan sadap mungkin digabung menjadi satu rangkaian bangunan.

- d. Boks-boks bagi di saluran tersier membagi aliran untuk dua saluran atau lebih (tersier, subtersier dan/atau kuarter).

2.3.4 Bangunan-Bangunan Pengukur dan Pengatur

Aliran akan diukur di hulu (udik) saluran primer, di cabang saluran jaringan primer dan di bangunan sadap sekunder maupun tersier. Bangunan ukur dapat dibedakan menjadi bangunan ukur aliran atas bebas (*free overflow*) dan bangunan ukur aliran bawah (*underflow*). Beberapa dari bangunan pengukur dapat juga dipakai untuk mengatur aliran air.

Bangunan ukur yang dapat dipakai ditunjukkan pada Tabel 2-1.

Tabel 2-1. Alat-Alat Ukur

Tipe	Mengukur dengan	Mengatur
Bangunan ukur ambang lebar	Aliran Atas	Tidak
Bangunan ukur <i>Parshall</i>	Aliran Atas	Tidak
Bangunan ukur <i>Cipoletti</i>	Aliran Atas	Tidak
Bangunan ukur <i>Romijn</i>	Aliran Atas	Ya
Bangunan ukur <i>Crump-de Gruyter</i>	Aliran Bawah	Ya
Bangunan sadap pipa sederhana	Aliran Bawah	Ya
<i>Constant-Head Orifice (CHO)</i>	Aliran Bawah	Ya
<i>Cut Throat Flume</i>	Aliran Atas	Ya

Untuk menyederhanakan operasi dan pemeliharaan, bangunan ukur yang dipakai di sebuah jaringan irigasi hendaknya tidak terlalu banyak, dan diharapkan pula pemakaian alat ukur tersebut bisa benar-benar mengatasi permasalahan yang dihadapi para petani. KP-04 Bangunan memberikan uraian terinci mengenai peralatan ukur dan penggunaannya.

Peralatan berikut dianjurkan pemakaiannya :

- Di hulu saluran primer
Untuk aliran besar alat ukur ambang lebar dipakai untuk pengukuran dan pintu sorong atau radial untuk pengatur.
- Di bangunan bagi bangunan sadap sekunder
Pintu Romijn dan pintu *Crump-de Gruyter* dipakai untuk mengukur dan mengatur aliran. Bila debit terlalu besar, maka alat ukur ambang lebar dengan pintu sorong atau radial bisa dipakai seperti untuk saluran primer.
- Bangunan sadap tersier
Untuk mengatur dan mengukur aliran dipakai alat ukur *Romijn* atau jika fluktuasi di saluran besar dapat dipakai alat ukur *Crump-de Gruyter*. Di petak-petak tersier kecil disepanjang saluran primer dengan tinggi muka air yang bervariasi dapat dipertimbangkan untuk memakai bangunan sadap pipa sederhana, di lokasi yang petani tidak bisa menerima bentuk ambang sebaiknya dipasang alat ukur parshall atau *cut throat flume*.

Alat ukur parshall memerlukan ruangan yang panjang, presisi yang tinggi dan sulit pembacaannya, alat ukur *cut throat flume* lebih pendek dan mudah pembacaannya.

2.3.5 Bangunan Pengatur Muka Air

Bangunan-bangunan pengatur muka air mengatur/mengontrol muka air di jaringan irigasi utama sampai batas-batas yang diperlukan untuk dapat memberikan debit yang konstan kepada bangunan sadap tersier.

Bangunan pengatur mempunyai potongan pengontrol aliran yang dapat distel atau tetap. Untuk bangunan-bangunan pengatur yang dapat distel dianjurkan untuk menggunakan pintu (sorong) radial atau lainnya.

Bangunan-bangunan pengatur diperlukan di tempat-tempat dimana tinggi muka air di saluran dipengaruhi oleh bangunan terjun atau got miring (*chute*). Untuk mencegah

meninggi atau menurunya muka air di saluran dipakai mercu tetap atau celah kontrol trapesium (*trapezoidal notch*).

2.3.6 Bangunan Pembawa

Bangunan-bangunan pembawa membawa air dari ruas hulu ke ruas hilir saluran. Aliran yang melalui bangunan ini bisa superkritis atau subkritis.

a. Bangunan pembawa dengan aliran superkritis

Bangunan pembawa dengan aliran tempat dimana lereng medannya maksimum saluran. Superkritis diperlukan di tempat lebih curam daripada kemiringan maksimal saluran. (Jika ditempat dimana kemiringan medannya lebih curam daripada kemiringan dasar saluran, maka bisa terjadi aliran superkritis yang akan dapat merusak saluran. Untuk itu diperlukan bangunan peredam).

a. 1. Bangunan Terjun

Dengan bangunan terjun, menurunnya muka air (dan tinggi energi) dipusatkan di satu tempat bangunan terjun bisa memiliki terjun tegak atau terjun miring. Jika perbedaan tinggi energi mencapai beberapa meter, maka konstruksi got miring perlu dipertimbangkan.

a. 2. Got Miring

Daerah got miring dibuat apabila trase saluran melewati ruas medan dengan kemiringan yang tajam dengan jumlah perbedaan tinggi energi yang besar. Got miring berupa potongan saluran yang diberi pasangan (*lining*) dengan aliran superkritis, dan umumnya mengikuti kemiringan medan alamiah.

b. Bangunan pembawa dengan aliran subkritis (bangunan silang)

b. 1. Gorong-Gorong

Gorong-gorong dipasang di tempat-tempat dimana saluran lewat dibawah bangunan (jalan, rel kereta api) atau apabila pembuang lewat dibawah saluran. Aliran didalam gorong-gorong umumnya aliran bebas.

b. 2. Talang

Talang dipakai untuk mengalirkan air irigasi lewat diatas saluran lainnya, saluran pembuang alamiah atau cekungan dan lembah-lembah. Aliran didalam talang adalah aliran bebas.

b. 3. Sipon

Sipon dipakai untuk mengalirkan air irigasi dengan menggunakan gravitasi dibawah saluran pembuang, cekungan, anak sungai atau sungai. Sipon juga dipakai untuk melewati air dibawah jalan, jalan kereta api, atau bangunan-bangunan yang lain. Sipon merupakan saluran tertutup yang direncanakan untuk mengalirkan air secara penuh dan sangat dipengaruhi oleh tinggi tekan.

b. 4. Jembatan Sipon

Jembatan sipon adalah saluran tertutup yang bekerja atas dasar tinggi tekan dan dipakai untuk mengurangi ketinggian bangunan pendukung diatas lembah yang dalam.

b. 5. Flum (*Flume*)

Ada beberapa tipe flum yang dipakai untuk mengalirkan air irigasi melalui situasi-situasi medan tertentu, misalnya:

- flum tumpu (*bench flume*), untuk mengalirkan air disepanjang lereng bukit yang curam.
- flum elevasi (*elevated flume*), untuk menyeberangkan air irigasi lewat diatas saluran pembuang atau jalan air lainnya.
- flum, dipakai apabila batas pembebasan tanah (*right of way*) terbatas atau jika bahan tanah tidak cocok untuk membuat potongan melintang saluran trapesium biasa.

Flum mempunyai potongan melintang berbentuk segi empat atau setengah bulat. Aliran dalam flum adalah aliran bebas.

b. 6. Saluran Tertutup

Saluran tertutup dibuat apabila trase saluran terbuka melewati suatu daerah dimana potongan melintang harus dibuat pada galian yang dalam dengan lereng-lereng tinggi yang tidak stabil. Saluran tertutup juga dibangun di daerah-daerah permukiman dan di daerah-daerah pinggiran sungai yang terkena luapan banjir. Bentuk potongan melintang saluran tertutup atau saluran gali dan timbun adalah segi empat atau bulat. Biasanya aliran didalam saluran tertutup adalah aliran bebas.

b. 7. Terowongan

Terowongan dibangun apabila keadaan ekonomi/anggaran memungkinkan untuk saluran tertutup guna mengalirkan air melewati bukit-bukit dan medan yang tinggi. Biasanya aliran didalam terowongan adalah aliran bebas.

2.3.7 Bangunan Lindung

Diperlukan untuk melindungi saluran baik dari dalam maupun dari luar. Dari luar bangunan itu memberikan perlindungan terhadap limpasan air buangan yang berlebihan dan dari dalam terhadap aliran saluran yang berlebihan akibat kesalahan eksploitasi atau akibat masuknya air dari luar saluran.

a. Bangunan Pembuang Silang

Gorong-gorong adalah bangunan pembuang silang yang paling umum digunakan sebagai lindungan-luar, lihat juga pasal mengenai bangunan pembawa.

Sipon dipakai jika saluran irigasi kecil melintas saluran pembuang yang besar. Dalam hal ini, biasanya lebih aman dan ekonomis untuk membawa air irigasi dengan sipon lewat dibawah saluran pembuang tersebut.

Overchute akan direncana jika elevasi dasar saluran pembuang disebelah hulu saluran irigasi lebih besar daripada permukaan air normal di saluran.

b. Pelimpah (Spillway)

Ada tiga tipe lindungandalam yang umum dipakai, yaitu saluran pelimpah, sipon pelimpah dan pintu pelimpah otomatis. Pengatur pelimpah diperlukan tepat di hulu bangunan bagi, di ujung hilir saluran primer atau sekunder dan di tempat-tempat lain yang dianggap perlu demi keamanan jaringan. Bangunan pelimpah bekerja otomatis dengan naiknya muka air.

c. Bangunan Penggelontor Sedimen (Sediment Excluder)

Bangunan ini dimaksudkan untuk mengeluarkan endapan sedimen sepanjang saluran primer dan sekunder pada lokasi persilangan dengan sungai. Pada ruas saluran ini sedimen diijinkan mengendap dan dikuras melewati pintu secara periodik.

d. Bangunan Penguras (Wasteway)

Bangunan penguras, biasanya dengan pintu yang dioperasikan dengan tangan, dipakai untuk mengosongkan seluruh ruas saluran bila diperlukan. Untuk mengurangi tingginya biaya, bangunan ini dapat digabung dengan bangunan pelimpah.

e. Saluran Pembuang Samping

Aliran buangan biasanya ditampung di saluran pembuang terbuka yang mengalir paralel disebelah atas saluran irigasi. Saluran-saluran ini membawa air ke bangunan pembuang silang atau, jika debit relatif kecil dibanding aliran air irigasi ke dalam saluran irigasi itu melalui lubang pembuang.

f. Saluran Gendong

Saluran gendong adalah saluran drainase yang sejajar dengan saluran irigasi, berfungsi mencegah aliran permukaan (*run off*) dari luar areal irigasi yang masuk ke dalam saluran irigasi. Air yang masuk saluran gendong dialirkan keluar ke saluran alam atau drainase yang terdekat.

2.3.8 Jalan dan Jembatan

Jalan-jalan inspeksi diperlukan untuk inspeksi, operasi dan pemeliharaan jaringan irigasi dan pembuang oleh Dinas Pengairan. Masyarakat boleh menggunakan jalan-jalan inspeksi ini untuk keperluan-keperluan tertentu saja.

Apabila saluran dibangun sejajar dengan jalan umum didekatnya, maka tidak diperlukan jalan inspeksi di sepanjang ruas saluran tersebut. Biasanya jalan inspeksi terletak disepanjang sisi saluran irigasi. Jembatan dibangun untuk saling menghubungkan jalan-jalan inspeksi di seberang saluran irigasi/pembuang atau untuk menghubungkan jalan inspeksi dengan jalan umum.

Perlu dilengkapi jalan petani ditingkat jaringan tersier dan kuarter sepanjang itu memang diperlukan oleh petani setempat dan dengan persetujuan petani setempat pula, karena banyak ditemukan di lapangan jalan petani yang rusak atau tidak ada sama sekali sehingga akses petani dari dan ke sawah menjadi terhambat, terutama untuk petak sawah yang paling ujung.

2.3.9 Bangunan Pelengkap

Tanggul-tanggul diperlukan untuk melindungi daerah irigasi terhadap banjir yang berasal dari sungai atau saluran pembuang yang besar. Pada umumnya tanggul diperlukan disepanjang sungai disebelah hulu bendung atau disepanjang saluran primer.

Fasilitas-fasilitas operasional diperlukan untuk operasi jaringan irigasi secara efektif dan aman. Fasilitas-fasilitas tersebut antara lain meliputi antara lain: kantor-kantor di lapangan, bengkel, perumahan untuk staf irigasi, jaringan komunikasi, patok hektometer, papan eksploitasi, papan duga, dan sebagainya.

Bangunan-bangunan pelengkap yang dibuat di dan sepanjang saluran meliputi:

- Pagar, rel pengaman dan sebagainya, guna memberikan pengaman sewaktu terjadi keadaan-keadaan gawat;
- Tempat-tempat cuci, tempat mandi ternak dan sebagainya, untuk memberikan sarana untuk mencapai air di saluran tanpa merusak lereng;
- Kisi-kisi penyaring untuk mencegah tersumbatnya bangunan (sipon dan gorong-gorong panjang) oleh benda-benda yang hanyut;
- Jembatan-jembatan untuk keperluan penyeberangan bagi penduduk.
- Sanggar tani sebagai sarana untuk interaksi antar petani, dan antara petani dan petugas irigasi dalam rangka memudahkan penyelesaian permasalahan yang terjadi di lapangan. Pembangunannya disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi petani setempat serta letaknya di setiap bangunan sadap/*offtake*.

2.4 Standar Tata Nama

Nama-nama yang diberikan untuk saluran-saluran irigasi dan pembuang, bangunan-bangunan dan daerah irigasi harus jelas dan logis. Nama yang diberikan harus pendek dan tidak mempunyai tafsiran ganda (ambigu). Nama-nama harus dipilih dan dibuat sedemikian sehingga jika dibuat bangunan baru kita tidak perlu mengubah semua nama yang sudah ada.

2.4.1 Daerah Irigasi

Daerah irigasi dapat diberi nama sesuai dengan nama daerah setempat, atau desa penting di daerah itu, yang biasanya terletak dekat dengan jaringan bangunan utama atau sungai yang airnya diambil untuk keperluan irigasi. Contohnya adalah Daerah Irigasi Jatiluhur atau Daerah Irigasi Cikoncang. Apabila ada dua pengambilan atau lebih, maka daerah irigasi tersebut sebaiknya diberi nama sesuai dengan desa-desa terkenal di daerah-daerah layanan setempat.

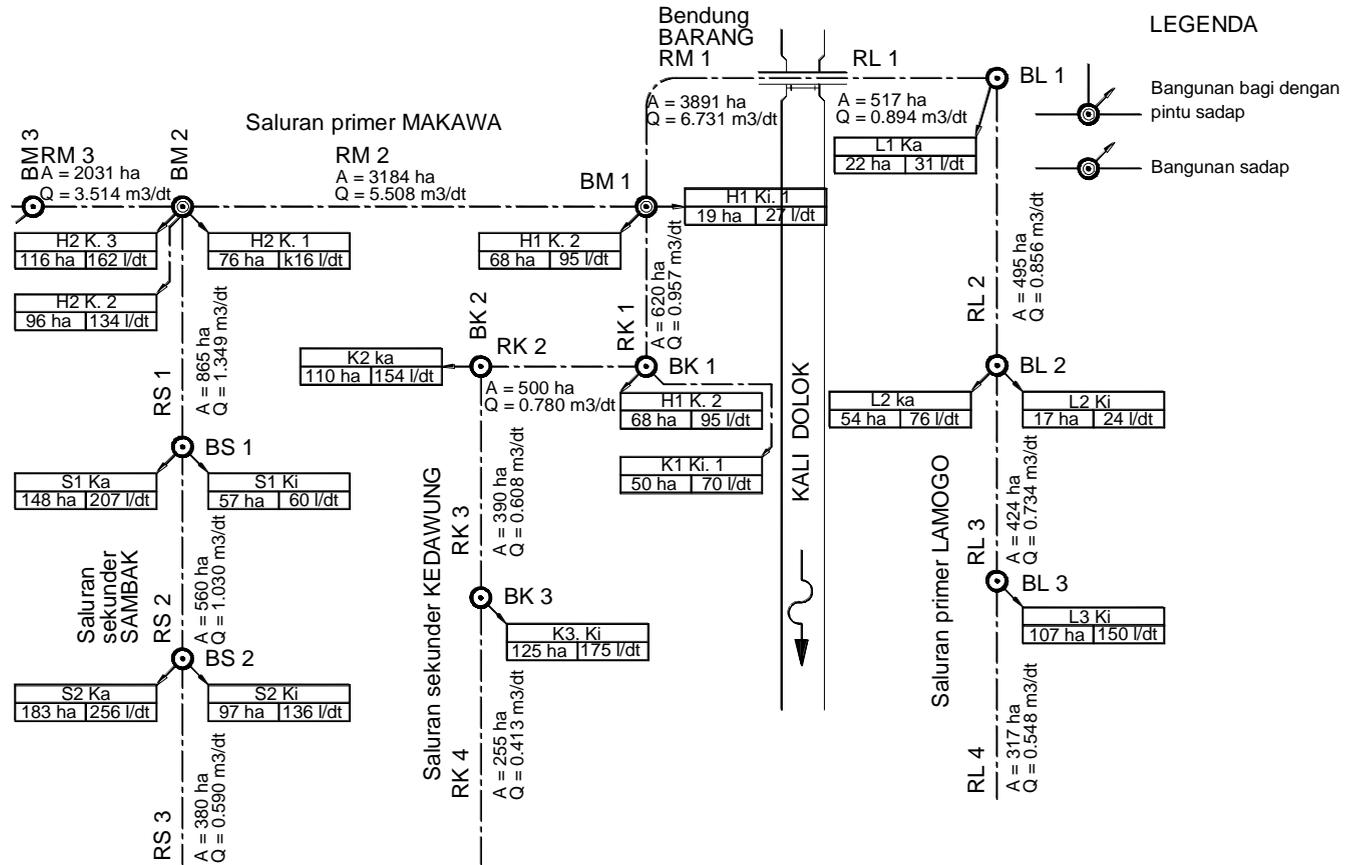
Untuk pemberian nama-nama bangunan utama berlaku peraturan yang sama seperti untuk daerah irigasi, misalnya bendung Elak Cikoncang melayani Daerah Irigasi Cikoncang.

Sebagai contoh, lihat Gambar 2-2. Bendung Barang merupakan salah satu dari bangunan-bangunan utama di sungai Dolok. Bangunan-bangunan tersebut melayani daerah Makawa dan Lamogo, keduanya diberi nama sesuai dengan nama-nama desa utama di daerah itu.

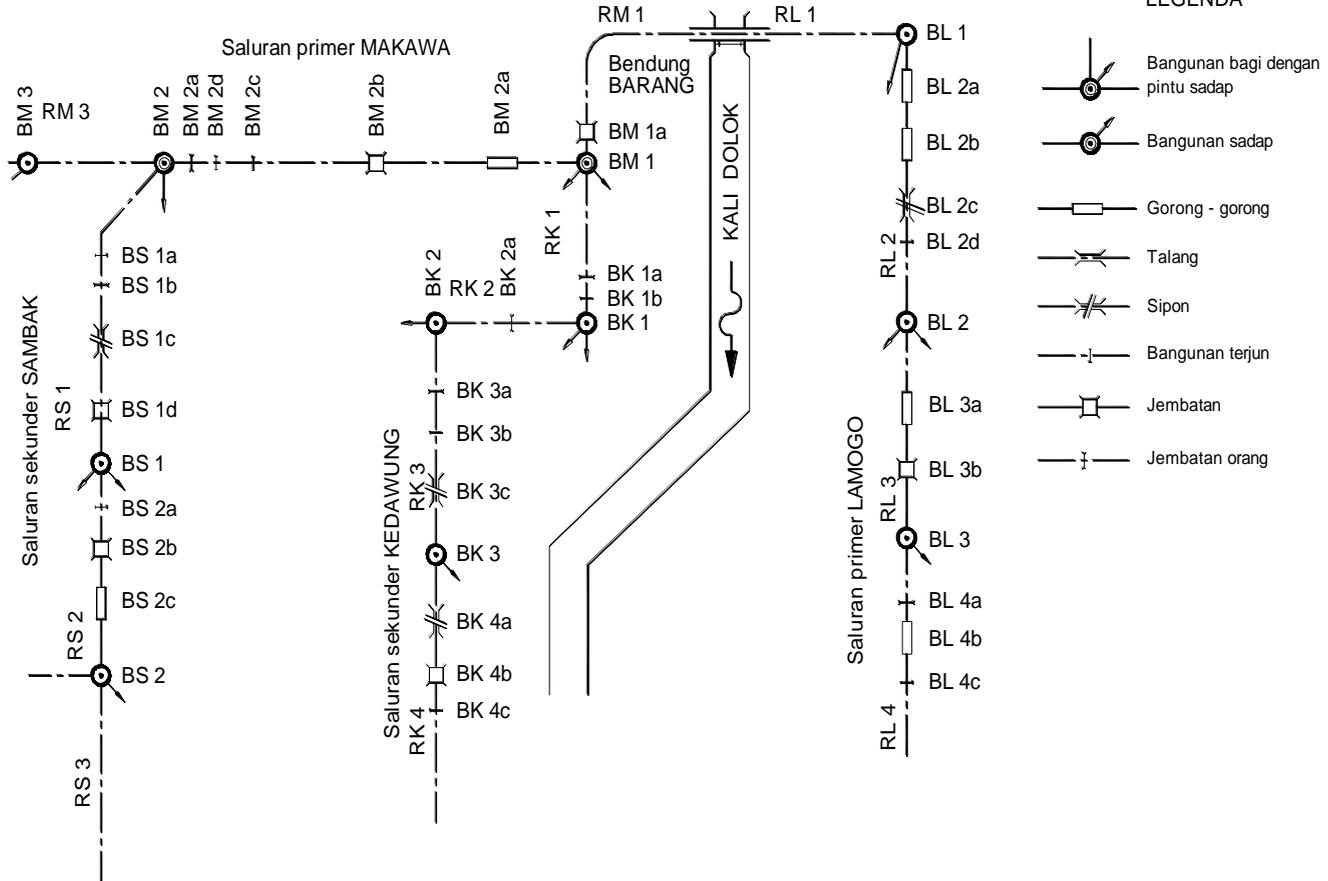
2.4.2 Jaringan Irigasi Primer

Saluran irigasi primer sebaiknya diberi nama sesuai dengan daerah irigasi yang dilayani, contoh: Saluran Primer Makawa.

Saluran sekunder sering diberi nama sesuai dengan nama desa yang terletak di petak sekunder. Petak sekunder akan diberi nama sesuai dengan nama saluran sekundernya. Sebagai contoh saluran sekunder Sambak mengambil nama desa Sambak yang terletak di petak sekunder Sambak.



Gambar 2-2. Standar Sistem Tata Nama untuk Skema Irigasi



Gambar 2-3. Standar Sistem Tata Nama untuk Bangunan-Bangunan

Saluran dibagi menjadi ruas-ruas yang berkapasitas sama. Misalnya, RS 2 adalah Ruas saluran sekunder Sambak (S) antara bangunan sadap BS 1 dan BS 2 (lihat juga subbab 2.2 dan 2.3).

Bangunan pengelak atau bagi adalah bangunan terakhir di suatu ruas. Bangunan itu diberi nama sesuai dengan ruas hulu tetapi huruf R (Ruas) diubah menjadi B (Bangunan). Misalnya BS 2 adalah bangunan pengelak di ujung ruas RS 2.

Bangunan-bangunan yang ada di antara bangunan-bangunan bagi sadap (gorong-gorong, jembatan, talang bangunan terjun, dan sebagainya) diberi nama sesuai dengan nama ruas dimana bangunan tersebut terletak juga mulai dengan huruf B (Bangunan) lalu diikuti dengan huruf kecil sedemikian sehingga bangunan yang terletak di ujung hilir mulai dengan "a" dan bangunan-bangunan yang berada lebih jauh di hilir memakai huruf b, c, dan seterusnya. Sebagai contoh BS2b adalah bangunan kedua pada ruas RS2 di saluran Sambak terletak antara bangunan-bangunan bagi BS 1 dan BS 2.

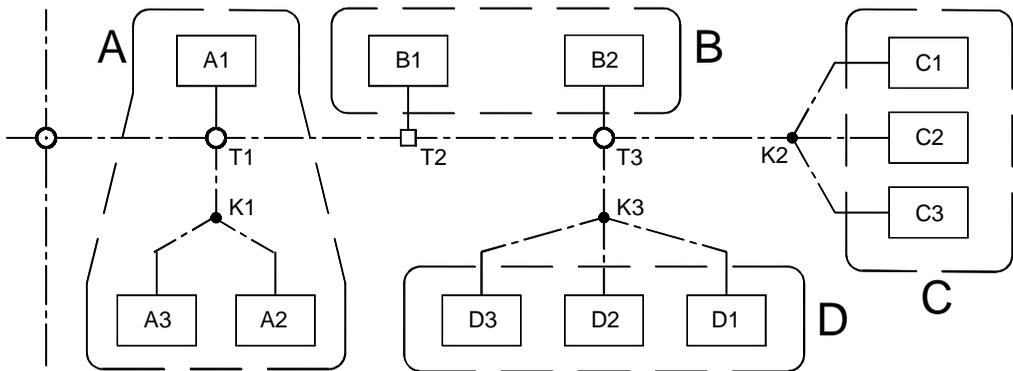
Bagian KP-07 Standar Penggambaran dan BI-01 Tipe Bangunan irigasi memberikan uraian lebih rinci mengenai sistem tata nama.

2.4.3 Jaringan Irigasi Tersier

Petak tersier diberi nama seperti bangunan sadap tersier dari jaringan utama. Misalnya petak tersier S1 kiri mendapat air dari pintu kiri bangunan bagi BS 1 yang terletak di saluran Sambak.

1. Ruas-ruas saluran tersier diberi nama sesuai dengan nama boks yang terletak di antara kedua boks. misalnya (T1 - T2), (T3 - K1), (lihat Gambar 2-4).
2. Boks Tersier diberi kode T, diikuti dengan nomor urut menurut arah jarum jam, mulai dari boks pertama di hilir bangunan sadap tersier: T1, T2 dan sebagainya.

3. Petak kuarter diberi nama sesuai dengan petak rotasi, diikuti dengan nomor urut menurut arah jarum jam. Petak rotasi diberi kode A, B, C dan seterusnya menurut arah jarum jam.
4. Boks kuarter diberi kode K, diikuti dengan nomor urut menurut arah jarum jam, mulai dari boks kuarter pertama di hilir boks tersier dengan nomor urut tertinggi: K1, K2 dan seterusnya.



Gambar 2-4. Sistem Tata Nama Petak Rotasi dan Kuarter

5. Saluran irigasi kuarter diberi nama sesuai dengan petak kuarter yang dilayani tetapi dengan huruf kecil, misalnya a1, a2 dan seterusnya.
6. Saluran pembuang kuarter diberi nama sesuai dengan petak kuarter yang dibuang airnya, menggunakan huruf kecil diawali dengan dk, misalnya dka1, dka2 dan seterusnya.
7. Saluran pembuang tersier, diberi kode dt1, dt2 juga menurut arah jarum jam.

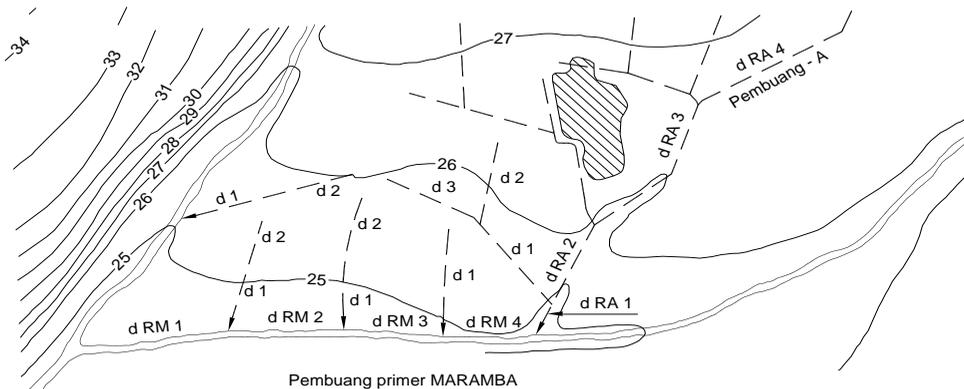
2.4.4 Jaringan Pembuang

Setiap pembangunan jaringan irigasi dilengkapi dengan pembangunan jaringan drainase yang merupakan satu kesatuan dengan jaringan irigasi yang bersangkutan (PP 20 pasal 46 ayat 1)

Pada umumnya pembuang primer berupa sungai-sungai alamiah, yang kesemuanya akan diberi nama. Apabila ada saluran-saluran pembuang primer baru yang akan dibuat, maka saluran-saluran itu harus diberi nama tersendiri. Jika saluran pembuang dibagi menjadi ruas-ruas, maka masing-masing ruas akan diberi nama, mulai dari ujung hilir.

Pembuang sekunder pada umumnya berupa sungai atau anak sungai yang lebih kecil. Beberapa di antaranya sudah mempunyai nama yang tetap bisa dipakai, jika tidak sungai/anak sungai tersebut akan ditunjukkan dengan sebuah huruf bersama-sama dengan nomor seri. Nama-nama ini akan diawali dengan huruf d (d = drainase).

Pembuang tersier adalah pembuang kategori terkecil dan akan dibagi-bagi menjadi ruas-ruas dengan debit seragam, masing-masing diberi nomor. Masing-masing petak tersier akan mempunyai nomor seri sendiri-sendiri.



Gambar 2-5. Sistem Tata Nama Jaringan Pembuang

Gambar 2-5 diatas adalah contoh sistem tata nama untuk saluran pembuang.

2.4.5 Tata Warna Peta

Warna-warna standar akan digunakan untuk menunjukkan berbagai tampilan irigasi pada peta. Warna-warna yang dipakai adalah :

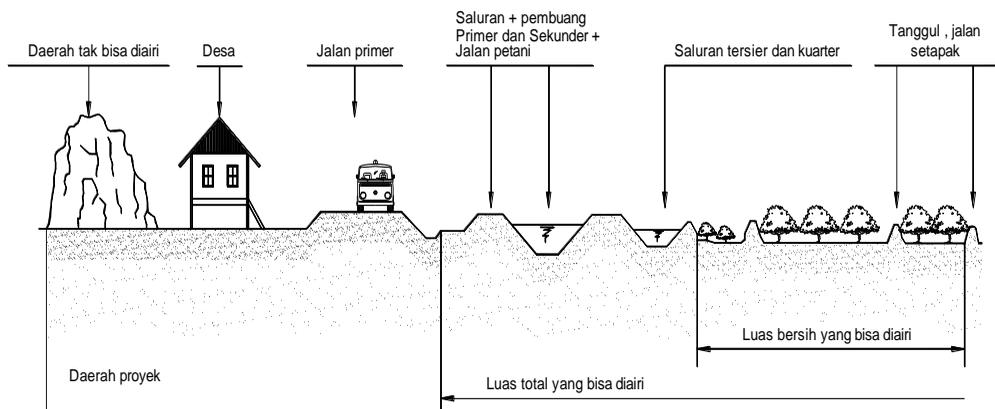
- Biru untuk jaringan irigasi, garis penuh untuk jaringan pembawa yang ada dan garis putus-putus untuk jaringan yang sedang direncanakan
- Merah untuk sungai dan jaringan pembuang garis penuh untuk jaringan yang sudah ada dan garis putus-putus (----- - ----- - -----) untuk jaringan yang sedang direncanakan;
- Coklat untuk jaringan jalan;
- Kuning untuk daerah yang tidak diairi (dataran tinggi, rawa-rawa);
- Hijau untuk perbatasan kabupaten, kecamatan desa dan kampung;
- Merah untuk tata nama bangunan;
- Hitam untuk jalan kereta api;
- Warna bayangan akan dipakai untuk batas-batas petak sekunder, batas-batas petak tersier akan diarsir dengan warna yang lebih muda dari warna yang sama (untuk petak sekunder) semua petak tersier yang diberi air langsung dari saluran primer akan mempunyai warna yang sama.

2.5 Definisi mengenai Irigasi

- a. Daerah Studi adalah Daerah Proyek ditambah dengan seluruh Daerah Aliran Sungai (DAS) dan tempat-tempat pengambilan air ditambah dengan daerah-daerah lain yang ada hubungannya dengan daerah studi
- b. Daerah Proyek adalah daerah dimana pelaksanaan pekerjaan dipertimbangkan dan/atau diusulkan dan daerah tersebut akan mengambil manfaat langsung dari proyek tersebut.
- c. Daerah Irigasi Total/Brutto adalah, daerah proyek dikurangi dengan perkampungan dan tanah-tanah yang dipakai untuk mendirikan bangunan daerah

yang tidak diairi, jalan utama, rawa-rawa dan daerah-daerah yang tidak akan dikembangkan untuk irigasi dibawah proyek yang bersangkutan.

- d. Daerah Irigasi Netto/Bersih adalah tanah yang ditanami (padi) dan ini adalah daerah total yang bisa diairi dikurangi dengan saluran-saluran irigasi dan pembuang primer, sekunder, tersier dan kuarter, jalan inspeksi, jalan setapak dan tanggul sawah. Daerah ini dijadikan dasar perhitungan kebutuhan air, panen dan manfaat/keuntungan yang dapat diperoleh dari proyek yang bersangkutan. Sebagai angka standar luas netto daerah yang dapat diairi diambil 0,9 kali luas total daerah-daerah yang dapat diairi.
- e. Daerah Potensial adalah daerah yang mempunyai kemungkinan baik untuk dikembangkan. Luas daerah ini sama dengan Daerah Irigasi Netto tetapi biasanya belum sepenuhnya dikembangkan akibat terdapatnya hambatan-hambatan nonteknis.
- f. Daerah Fungsional adalah bagian dari Daerah Potensial yang telah memiliki jaringan irigasi yang telah dikembangkan. Daerah fungsional luasnya sama atau lebih kecil dari Daerah Potensial.



Gambar 2-6. Definisi Daerah-Daerah Irigasi

BAB III

PENAHAPAN PERENCANAAN IRIGASI

3.1 Pendahuluan

Proses pembangunan irigasi dilakukan secara berurutan berdasarkan akronim SIDLACOM untuk mengidentifikasi berbagai tahapan proyek. Akronim tersebut merupakan kependekan dari :

- S – *Survey* (Pengukuran/Survei)
- I – *Investigation* (Penyelidikan)
- D – *Design* (Perencanaan Teknis)
- La – *Land acquisition* (Pembebasan Tanah)
- C – *Construction* (Pelaksanaan)
- O – *Operation* (Operasi)
- M – *Maintenance* (Pemeliharaan)

Akronim tersebut menunjukkan urutan-urutan tahap yang masing-masing terdiri dari kegiatan-kegiatan yang berlainan. Tahap yang berbeda-beda tersebut tidak perlu merupakan rangkaian kegiatan yang terus menerus mungkin saja ada jarak waktu di antara tahap-tahap tersebut.

Perencanaan pembangunan irigasi dibagi menjadi dua tahap utama yaitu Tahap Perencanaan Umum (studi) dan Tahap Perencanaan Teknis (seperti tercantum dalam Tabel 3-1.). Tabel 3-1. menyajikan rincian S-I-D menjadi dua tahap. Tahap Studi dan Tahap Perencanaan Teknis. Masing-masing tahap (*phase*) dibagi menjadi taraf (*phase*), yang kesemuanya mempunyai tujuan yang jelas.

Tahap Studi merupakan tahap perumusan proyek dan penyimpulan akan dilaksanakannya suatu proyek. Aspek-aspek yang tercakup dalam Tahap Studi bersifat teknis dan nonteknis.

Tahap Perencanaan merupakan tahap pembahasan proyek pekerjaan irigasi secara mendetail Aspek-aspek yang tercakup disini terutama bersifat teknis. Dalam subbab 3.2 dan 3.3 Tahap Studi dan Tahap Perencanaan dibicarakan secara lebih terinci.

Pada Tabel 3-1. diberikan ciri-ciri utama masing-masing taraf persiapan proyek irigasi. Suatu proyek meliputi seluruh atau sebagian saja dari taraf-taraf ini bergantung kepada investasi/modal yang tersedia dan kemauan atau keinginan masyarakat serta pengalaman mengenai pertanian irigasi di daerah yang bersangkutan. Lagi pula batas antara masing-masing tahap bisa berubah-ubah:

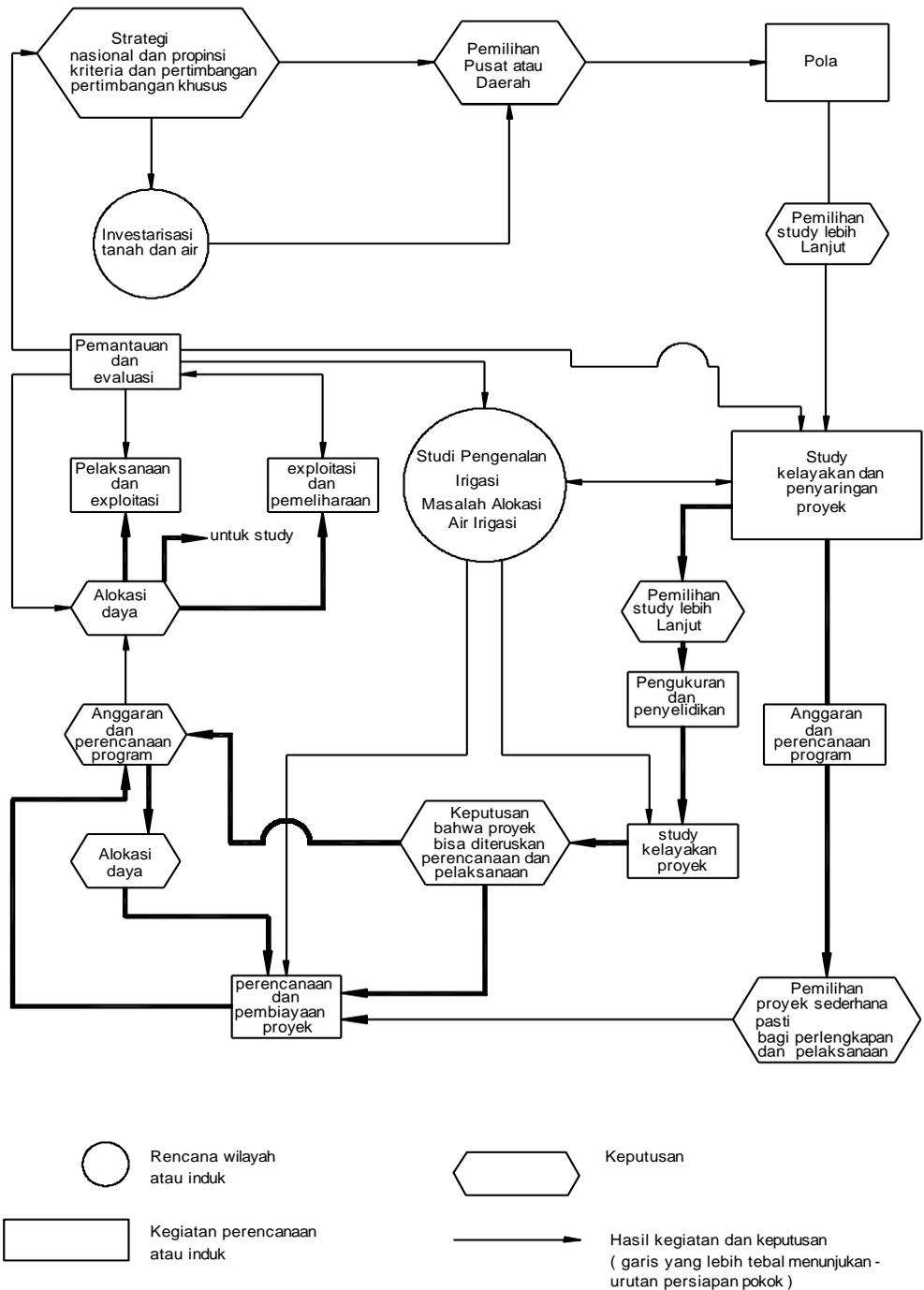
- Seluruh taraf pengenalan bisa meliputi inventarisasi dan identifikasi proyek; sedangkan kegiatan-kegiatan dalam studi pengenalan (*reconnaissance study*) detail mungkin bersamaan waktu dengan kegiatan-kegiatan yang termasuk dalam ruang lingkup studi prakelayakan;
- Studi kelayakan detail akan meliputi juga perencanaan pekerjaan irigasi pendahuluan.

Sesuai dengan Undang-undang Sumber Daya Air bahwa dalam wilayah sungai akan dibuat Pola Pengembangan dan Rencana Induk wilayah sungai, terkait dengan hal tersebut pada kondisi wilayah sungai yang belum ada Pola Pengembangan dan Rencana Induk, tetapi sudah perlu pengembangan irigasi, maka pada tahap studi awal dan studi identifikasi hasilnya sebagai masukan untuk pembuatan pola pengembangan wilayah sungai. Namun jika pola pengembangan wilayah sungai sudah ada, maka tahap studi awal dan studi identifikasi tidak diperlukan lagi.

Rencana induk (*master plan*) pengembangan sumber daya air di suatu daerah (wilayah sungai, unit-unit administratif) dimana irigasi pertanian merupakan bagian utamanya, dapat dibuat pada tahapan studi yang mana saja sesuai ketersediaan dana. Akan tetapi biasanya rencana induk dibuat sebagai bagian (dan sebagai hasil) dari studi pengenalan. Pada Gambar 3-1 diberikan ilustrasi mengenai, hubungan timbal balik antara berbagai taraf termasuk pembuatan Rencana Induk.

Tabel 3-1. Penahapan Proyek

TAHAP/TARAF	CIRI – CIRI UTAMA
<p>TAHAP STUDI</p> <p>STUDI AWAL</p> <p>STUDI IDENTIFIKASI (Pola)</p> <p>STUDI PENGENALAN /STUDI PRAKELAYAKAN (<i>Masterplan</i>)</p> <p>STUDI KELAYAKAN</p>	<p>Pemikiran untuk pengembangan irigasi pertanian dan perkiraan luas daerah irigasi dirumuskan di kantor berdasarkan potensi pengembangan sungai, usulan daerah dan masyarakat.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identifikasi proyek dengan menentukan nama dan luas; garis besar skema irigasi alternatif; pemberitahuan kepada instansi-instansi pemerintah yang berwenang serta pihak-pihak lain yang akan dilibatkan dalam proyek tersebut serta konsultasi publik masyarakat. - Pekerjaan-pekerjaan teknik, dan perencanaan pertanian, dilakukan di kantor dan di lapangan. - Kelayakan teknis dari proyek yang sedang dipelajari. - Komponen dan aspek multisektor dirumuskan, dengan menyesuaikan terhadap rencana umum tata ruang wilayah. - Neraca Air (<i>Supply-demand</i>) yang didasarkan pada <i>Masterplan</i> Wilayah Sungai. - Perizinan alokasi pemakaian air (sesuai PP 20 tahun 2006 tentang irigasi pasal 32). - Penjelasan mengenai aspek-aspek yang belum dapat dipecahkan selama identifikasi. - Penentuan ruang lingkup studi yang akan dilakukan lebih lanjut. - Pekerjaan lapangan dan kantor oleh tim yang terdiri atas orang-orang dari berbagai disiplin ilmu. - Perbandingan proyek-proyek alternatif dilihat dari segi perkiraan biaya dan keuntungan yang dapat diperoleh. - Pemilihan alternatif untuk dipelajari lebih lanjut. - Penentuan pengukuran dan penyelidikan yang diperlukan. - Diusulkan perizinan alokasi air irigasi. - Analisa dari segi teknis dan ekonomis untuk proyek yang sedang dirumuskan.



Gambar 3-1. Daur/Siklus Proyek

Uraian lain mengenai teknik dan kriteria yang memberikan panduan dalam Tahap Studi, diberikan dalam pedoman perencanaan dari Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Bina Program dan buku-buku petunjuk perencanaan. Buku-buku Standar Perencanaan Irigasi memberikan petunjuk dan kriteria untuk melaksanakan studi dan membuat perencanaan pendahuluan dan perengkayasaan detail baik Tahap Studi maupun Tahap Perencanaan Teknis akan dibicarakan dalam pasal-pasal berikut ini, agar para ahli irigasi menjadi terbiasa dengan latar belakang dan ruang lingkup pekerjaan ini, serta memberikan panduan yang jelas guna mencapai ketelitian yang disyaratkan.

Instansi-instansi yang terkait dimana data-data dapat diperoleh

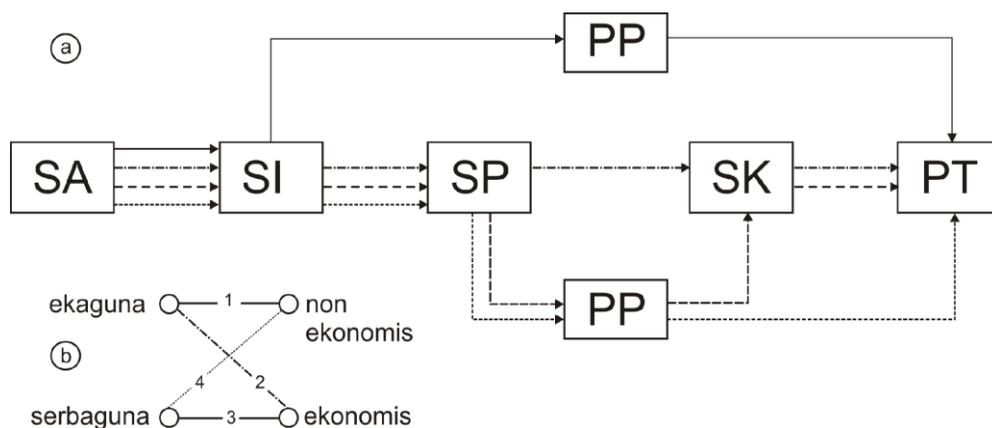
Data-data dapat diperoleh dari instansi-instansi berikut

- BAKOSURTANAL: untuk peta-peta topografi umum dan foto-foto udara.
- Direktorat Geologi: untuk peta-peta topografi dan peta-peta geologi
- Badan Meteorologi dan Geofisika: untuk data-data meteorologi dan peta-peta topografi.
- Puslitbang Sumber Daya Air, Seksi Hidrometri: untuk catatan-catatan aliran sungai dan sedimen, data meteorologi dan peta-peta topografi.
- DPUP: untuk peta-peta topografi, catatan mengenai aliran sungai, pengelolaan air dan catatan-catatan meteorologi, data-data jalan dan jembatan, jalan air.
- Dinas Tata Ruang Daerah: informasi mengenai tata ruang
- PLN, Bagian Tenaga Air: untuk peta daerah aliran dan data-data aliran air.
- Puslit Tanah: Peta Tata Guna Lahan
- Departemen Pertanian: untuk catatan-catatan mengenai agrometeorologi serta produksi pertanian.
- Balai Konservasi lahan dan hutan: informasi lahan kritis
- Biro Pusat Statistik (BPS): untuk keterangan-keterangan statistik, kementerian dalam negeri, agraria, untuk memperoleh data-data administratif dan tata guna tanah.

- Balai Wilayah Sungai: informasi kebutuhan air multisektor
- Bappeda: untuk data perencanaan dan pembangunan wilayah
- Kantor proyek (Jika ada)

3.2 Tahap Studi

Dalam Tahap Studi ini konsep proyek dibuat dan dirinci mengenai irigasi pertanian ini pada prinsipnya akan didasarkan pada faktor-faktor tanah, air dan penduduk, namun juga akan dipelajari berdasarkan aspek-aspek lain. Aspek-aspek ini antara lain meliputi ekonomi rencana nasional dan regional, sosiologi dan ekologi. Berbagai studi dan penyelidikan akan dilakukan. Banyaknya aspek yang akan dicakup dan mendalamnya penyelidikan yang diperlukan akan berbeda-beda dari proyek yang satu dengan proyek yang lain. Pada Gambar 3-2 ditunjukkan urutan kegiatan suatu proyek.



Gambar 3-2. Urut-Urutan Kegiatan Proyek

Dalam Gambar 3-2. Urut-urutan kegiatan proyek adalah sebagai berikut

SA : Studi awal

SI : Studi identifikasi

SP : Studi pengenalan

SK : Studi kelayakan

PP : Perencanaan pendahuluan

PD : Perencanaan detail

RI : Rencana induk

Klasifikasi sifat-sifat proyek dapat ditunjukkan dengan matriks sederhana (lihat Gambar 3-2).

'Ekonomis' berarti bahwa keuntungan dan biaya proyek merupakan data evaluasi yang punya arti penting.

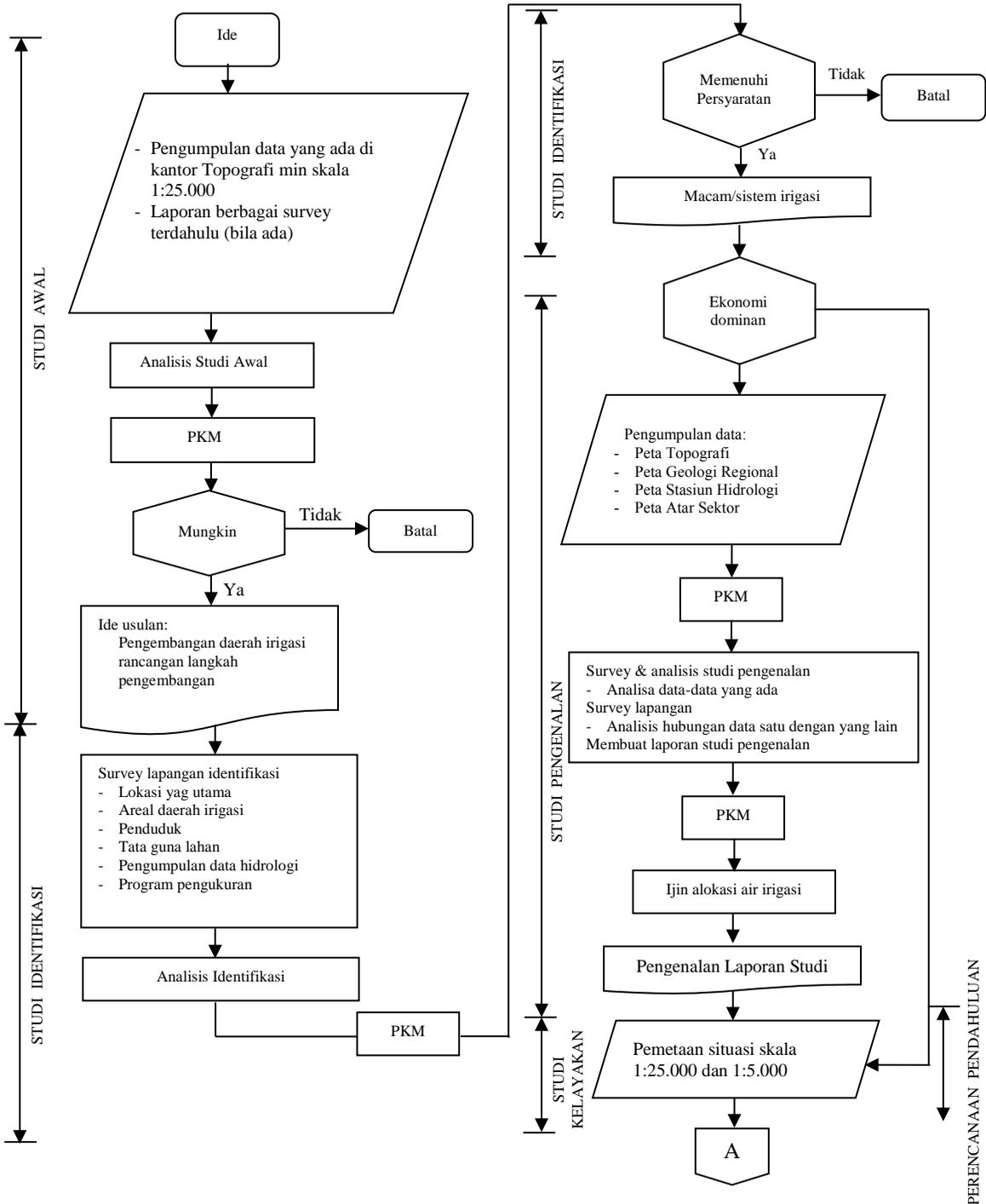
'Nonekonomis' berarti jelas bahwa proyek menguntungkan. Faktor-faktor sosio-politis mungkin ikut memainkan peran; proyek yang bersangkutan memenuhi kebutuhan daerah (regional).

Pada dasarnya semua proyek harus dianalisis dari segi ekonomi. Oleh sebab itu, kombinasi 4 tidak realistis.

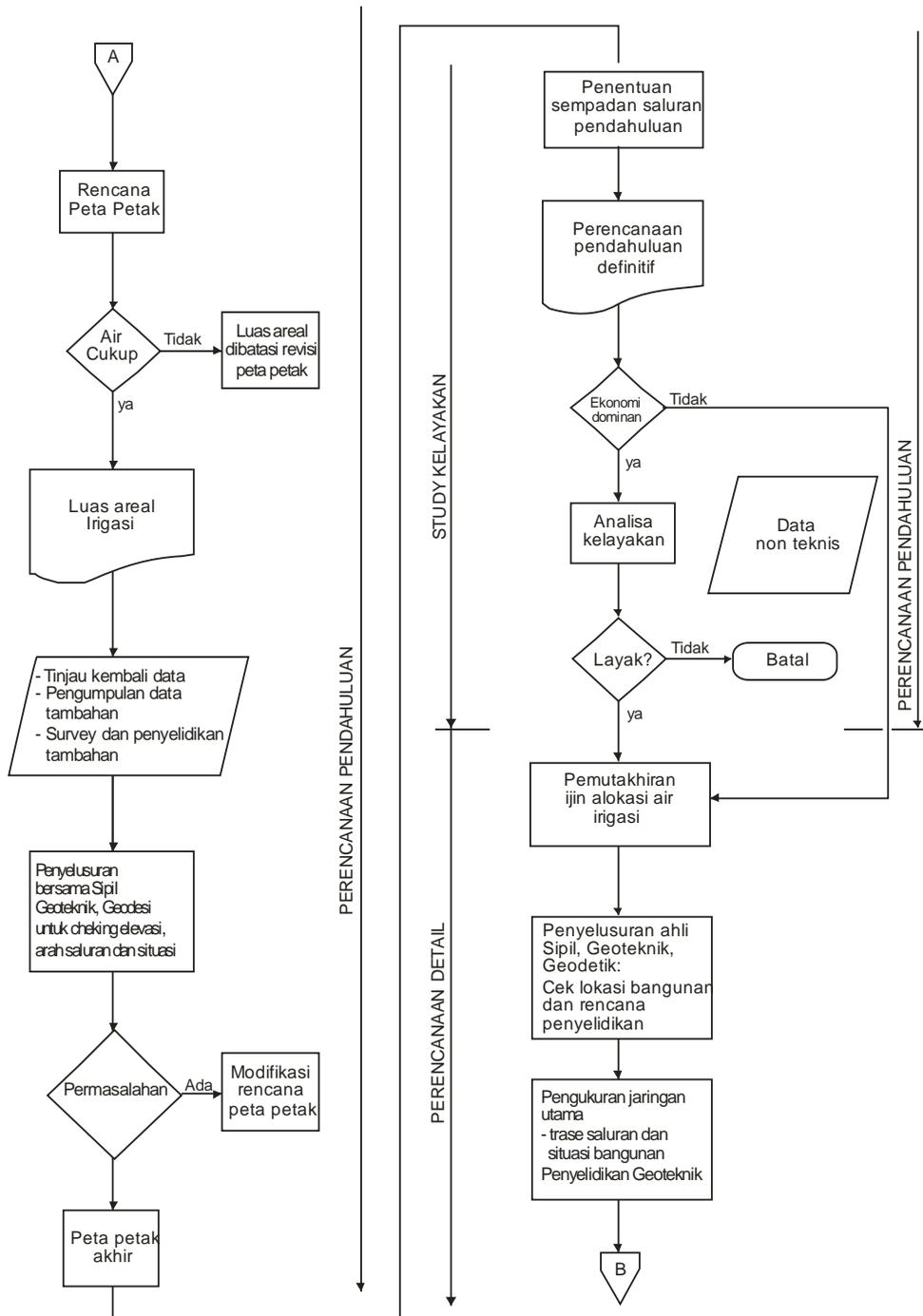
Sebagaimana sudah dikatakan dalam subbab 3.1, kadang-kadang dapat dibuat kombinasi antara beberapa taraf. Misalnya, kombinasi antara taraf Identifikasi dan taraf Pengenalan dalam suatu proyek ekaguna adalah sangat mungkin dilakukan.

Berhubung studi berikutnya akan menggunakan data-data yang dikumpulkan selama taraf-taraf sebelumnya, adalah penting bagi lembaga yang berwenang untuk mengecek dan meninjau kembali data-data tersebut agar keandalannya tetap terjamin. Demikian juga lembaga yang berwenang hendaknya mengecek dan meninjau kembali hasil-hasil studi yang lebih awal sebelum memasukkannya ke dalam studi mereka sendiri.

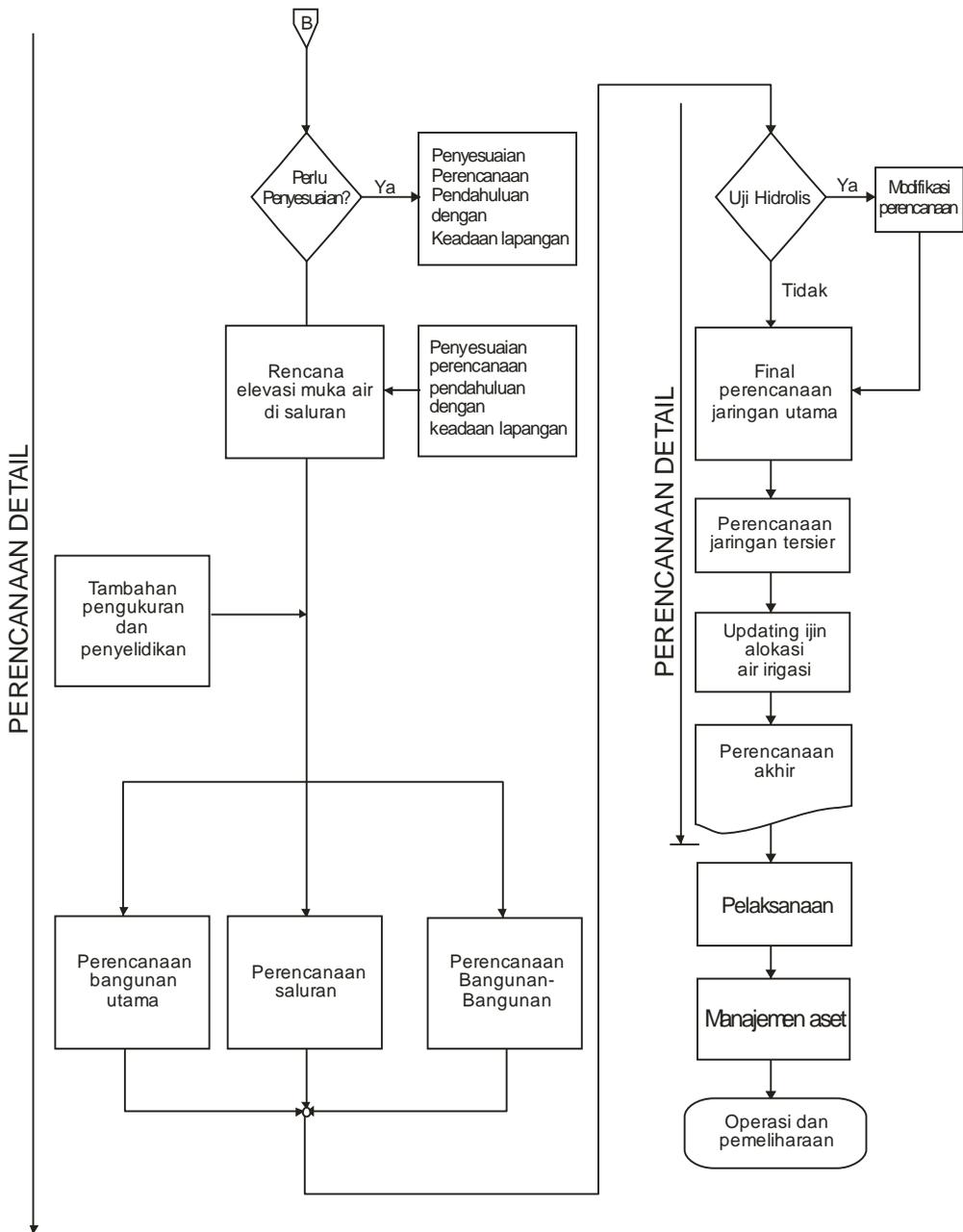
Bagan arus yang diberikan pada Gambar 3-3. menunjukkan hubungan antara berbagai taraf dalam Tahap Studi dan Tahap Perencanaan.



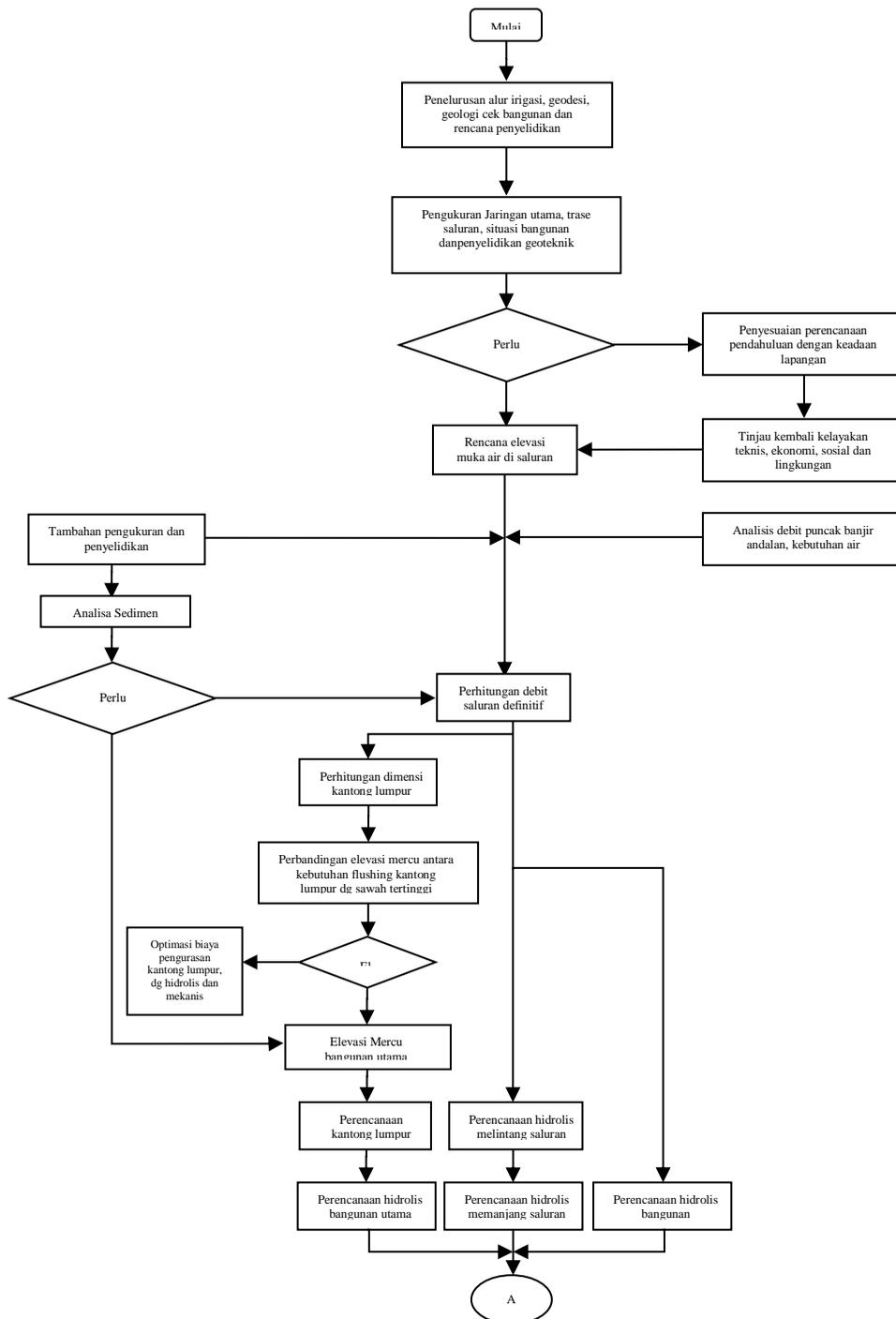
Gambar 3-3. Bagan Kegiatan-Kegiatan pada Tahap Studi dan Perencanaan



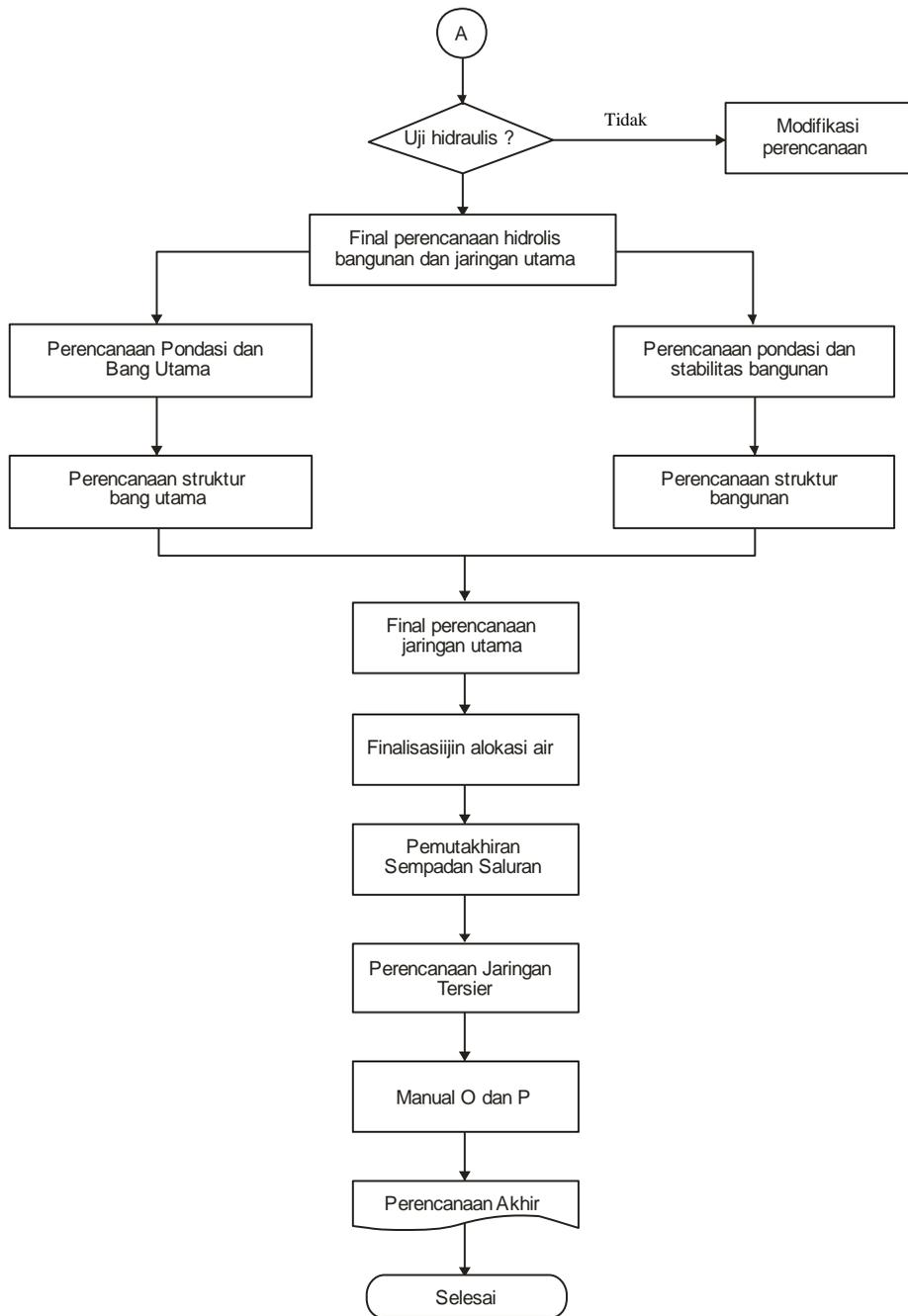
Gambar 3-4. Bagan Kegiatan-Kegiatan pada Tahap Studi dan Perencanaan (Lanjutan)



Gambar 3-5. Bagan Kegiatan-Kegiatan pada Tahap Studi dan Perencanaan (Lanjutan)



Gambar 3-6. Bagian Kegiatan-Kegiatan pada Tahap Studi Detail Desain



Gambar 3-7. Bagan Kegiatan-Kegiatan pada Tahap Studi Detail Desain (Lanjutan)

Kebanyakan masalah dicakup didalam studi yang berbeda-beda detail dan analisa akan menjadi lebih akurat dengan dilakukannya studi-studi berikutnya. Pada Tabel 3-2 dan 3-3 diuraikan kegiatan-kegiatan, data produk akhir rekomendasi dan derajat ketelitian yang diperlukan dalam berbagai taraf studi dan perencanaan.

Pada setiap taraf studi, ada tujuh persyaratan perencanaan proyek irigasi yang akan dianalisis dan dievaluasi. Persyaratan yang dimaksud adalah:

- Lokasi dan perkiraan luas daerah irigasi; 5.
- Garis besar rencana pertanian;
- Sumber air irigasi dengan penilaian mengenai banyaknya air yang tersedia serta perkiraan kebutuhan akan air irigasi, kebutuhan air minum, air baku, industri dan rumah tangga;
- Deskripsi tentang pekerjaan prasarana infrastruktur baik yang sedang direncanakan maupun yang sudah ada dengan perkiraan lokasi-lokasi alternatifnya;
- Program pelaksanaan dan skala prioritas pengembangannya; terpenuhinya kedelapan persyaratan pengembangan dari Direktorat Jenderal Sumber Daya Air (lihat subbab 3.2.2);
- Dampaknya terhadap pembangunan sosial-ekonomi dan lingkungan.

3.2.1 Studi Awal

Ide untuk menjadikan suatu daerah menjadi daerah irigasi datang dari lapangan atau kantor. Konsep atau rencana membuat suatu proyek terbentuk melalui pengamatan kesempatan fisik di lapangan atau melalui analisa data-data topografi dan hidrologi.

Data-data yang berhubungan dengan daerah tersebut dikumpulkan (peta, laporan, gambar dsb) dan dianalisis; hubungannya dengan daerah irigasi didekatnya kemudian dipelajari. Selanjutnya dibuat rencana garis besar dan pola pengembangan beserta laporannya. Ketelitian yang dicapai sepenuhnya bergantung kepada data dan keterangan/informasi yang ada.

3.2.2 Studi Identifikasi

Dalam Studi Identifikasi hasil-hasil Studi Awal diperiksa di lapangan untuk membuktikan layak-tidaknya suatu rencana proyek.

Dalam taraf lapangan ini proyek akan dievaluasi sesuai dengan garis besar dan tujuan pengembangan proyek yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.

Tujuan tersebut meliputi aspek-aspek berikut:

- Kesuburan tanah
- Tersedianya air dan air yang dibutuhkan (kualitas dan kuantitas) populasi sawah, petani (tersedia dan kemauan)
- Pemasaran produksi
- Jaringan jalan dan komunikasi
- Status tanah
- Banjir dan genangan
- Lain-lain (potensi transmigrasi, pertimbangan-pertimbangan nonekonomis)

Studi Identifikasi harus menghasilkan suatu gambaran yang jelas mengenai kelayakan (teknis) proyek yang bersangkutan. Akan tetapi studi ini akan didirikan pada data yang terbatas dan survei lapangan ini akan bersifat penjajakan/eksploratif, termasuk penilaian visual mengenai keadaan topografi daerah itu. Tim identifikasi harus terdiri dari orang-orang profesional yang sudah berpengalaman. Tim ini paling tidak terdiri dari:

- seorang ahli irigasi
- seorang perencana pertanian
- seorang ahli geoteknik, jika aspek-aspek geologi teknik dianggap penting dan jika diperkirakan akan dibuat waduk.

Studi Identifikasi akan didasarkan pada usulan (proposal) proyek yang dibuat pada taraf Studi Awal. Studi Identifikasi akan menilai kelayakan dari usulan tersebut serta menelaah ketujuh persyaratan perencanaan yang disebutkan dalam pendahuluan pasal

ini. Selanjutnya hasil dari studi ini akan dituangkan dalam Pola Pengembangan Irigasi yang merupakan bagian dari Pola Pengembangan Wilayah Sungai.

3.2.3 Studi Pengenalan

Tujuan utama studi ini ialah untuk memberikan garis besar pengembangan pembangunan multisektor dari segi-segi teknis yang meliputi hal-hal berikut:

- Irigasi, hidrologi dan teknik sipil
- Pembuatan rencana induk pengembangan irigasi sebagai bagian dari Rencana Induk Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai yang dipadu serasikan dengan RUTR Wilayah.
- Agronomi
- Geologi
- Ekonomi
- Bidang-bidang yang berhubungan, seperti misalnya perikanan, tenaga air dan ekologi.
- Pengusulan ijin alokasi air irigasi.

Berbagai ahli dilibatkan didalam studi multidisiplin ini. Data dikumpulkan dari lapangan dan kantor. Studi ini terutama menekankan irigasi dan aspek-aspek yang berkaitan langsung dengan irigasi. Beberapa disiplin ilmu hanya berfungsi sebagai pendukung saja; evaluasi data dan rencana semua diarahkan ke pengembangan irigasi.

Tabel 3-2. Kegiatan-Kegiatan pada Tahap Studi

Tahap Studi	Kebutuhan Peta	Tanah Pertanian	Hidrologi Tersedianya air	Aspek Geoteknik	Perekayasaan	Aspek Multisektor	Produk akhir	Kesimpulan Rekomendasi	Derajat ketelitian
a. Studi Awal	<ul style="list-style-type: none"> - peta rupa bumi skala 1 : 50.000 dengan selang kontur 10 m peta rupa bumi skala terbesar yang ada - foto udara, jika ada 	<ul style="list-style-type: none"> - kumpulkan dan tinjau peta tanah, peta tata guna tanah dan laporan-laporan 	<ul style="list-style-type: none"> - peta hujan rata- rata - aliran min./ maks. - menilai tersedianya air dari segi jumlah & kualitas, jika mungkin 	<ul style="list-style-type: none"> - Kumpulkan peta geologi menilai kecocokan daerah untuk pelaksanaan pekerjaan berdasarkan peta dan foto udara yang ada 	<ul style="list-style-type: none"> - uraian tentang sumber air dan lahan yang bisa diairi 	<ul style="list-style-type: none"> - informasi tentang lingkungan - informasi tentang penduduk makanan & penggunaan air - rencana daerah mengenai bahan- bahan pangan, produksi transmigrasi & industri 	<ul style="list-style-type: none"> - usulan pengembangan irigasi - program lanjutan studi - pola pengembangan 	<ul style="list-style-type: none"> - jika pengembangan layak dari segi teknis, lanjutkan dengan studi identifikasi 	-
b. Studi Identifikasi	<ul style="list-style-type: none"> - kebutuhan peta seperti pada Studi Awal - tidak ada survei dalam tahap studi hanya survey visual pada keadaan topografi - foto satelit (google map) 	<ul style="list-style-type: none"> - kumpulkan informasi tentang tata guna tanah dan praktek pertanian yang ada - menilai pasaran untuk barang produksi Pertanian - menilai kemampuan tanah 	<ul style="list-style-type: none"> - kumpulkan data lapangan mengenai banjir, penggenangan dan aliran rendah - kunjungi & periksa tempat- tempat pengukuran - menilai kebutuhan air 	<ul style="list-style-type: none"> - klasifikasi tanah di lapangan di lokasi yang sudah ditentukan & formasi geologi 	<ul style="list-style-type: none"> - identifikasi proyek lain yang mungkin (berdasarkan ke-8 kriteria dari Dirjen Pengairan) - Dengan sketsa perencanaan garis besar beserta alternatifnya tipe jaringan irigasi 	<ul style="list-style-type: none"> - hubungan dengan pemerintah setempat - hambatan pengembangan - menilai latar belakang sosial politik - hambatan pengembangan 	<ul style="list-style-type: none"> - tipe irigasi sistem & alternatif sumber air - potensi daerah yang akan dikembangkan - daftar skala prioritas pengembangan - program taraf berikutnya - perkiraan biaya kasar unit taraf berikutnya 	<ul style="list-style-type: none"> - jika ekonomi penting lanjutkan degan studi pengenalan - Jika ekonomi tak penting lanjutkan degan perencanaan pendahuluan - kumpulkan data tambahan unit kegiatan berikutnya 	40 –50 %
c. Pengenalan Studi	<ul style="list-style-type: none"> - ada survey terbatas - peta situasi skala peta 1:10.000 dengan selang kontur 1m 	<ul style="list-style-type: none"> - seperti Studi Identifikasi tapi lebih detail - pastikan kecocokan tanah untuk pertanian 	<ul style="list-style-type: none"> - analisis frekuensi banjir dan kekeringan - perkiraan sedimen, limpasan air hujan, erosi - neraca air 	<ul style="list-style-type: none"> - seperti Studi Identifikasi tapi lebih detail - parameter perencanaan geologi teknik pendahuluan 	<ul style="list-style-type: none"> - buat garis besar perencanaan dengan sketsa tata letak & uraian pekerjaan dengan skala 	<ul style="list-style-type: none"> - seperti pada Studi Identifikasi tapi lebih detail - identifikasi komponen proyek 	<ul style="list-style-type: none"> - isi laporan studi pengenalan - lokasi alternatif bangunan utama trase saluran tersedianya 	<ul style="list-style-type: none"> - teruskan dengan studi kelayakan - kumpulkan data tambahan untuk studi kelayakan 	Rekayasa 60% Biaya: 70%

54 Kriteria Perencanaan – Perencanaan Jaringan Irigasi

Tahap Studi	Kebutuhan Peta	Tanah Pertanian	Hidrologi Tersedianya air	Aspek Geoteknik	Perekayasaan	Aspek Multisektor	Produk akhir	Kesimpulan Rekomendasi	Derajat ketelitian
		irigasi - buat garis besar rencana pertanian - peta kecocokan tanah berskala 1:250.000	pendahuluan	untuk stabilitas pondasi & lereng (tanpa pembaroran) - menilai tersedianya bahan bangunan	1:25.000 atau lebih	multisektor dengan instansi-instansi yang berwenang dampak terhadap lingkungan	dampak terhadap lingkungan kebutuhan air luas daerah irigasi tanaman & jadwal tanam program pelaksanaan program pengukuran & penyelidikan - masterplan pengembangan irigasi di SWS - ijin alokasi air irigasi skala prioritas & perkiraan biaya program survei topografi analisis <i>Cost-Benefit Ratio</i> dan <i>Economic Internal Rate of Return</i>		
d. Studi Kelayakan	- peta situasi skala 1: 5.000 dengan cara terestis atau fotogrametris dengan pengambilan foto udara skala 1: 10.000 - peta situasi skala 1: 2.000 untuk bangunan-bangunan besar	- penelitian tanah sedimentail dan kemampuan tanah dengan peta skala 1:25.000 - rencana pertanian - studi tanah pertanian	- seperti pada contoh - studi perimbangan air sungai - studi simulasi mengenai kebutuhan dan tersedianya air pada proyek	-penyelidikan geoteknik pada lokasi bangunan -bangunan utama dengan pembaroran pengambilan contoh tanah sepanjang trase saluran & pada lokasi bangunan bahan bangunan, daerah sumber	- rencana pendahuluan tata letak saluran, bangunan - tipe bangunan dengan tipe-tipe perencanaannya - kapasitas rencana - cek trase saluran & elevasi saluran setiap 400 m	- seperti pada Pengenalan Studi dengan studi kelayakan detail untuk komponen proyek multi sektor	- kebutuhan air - daerah yang bisa diairi - tata letak jaringan irigasi perencanaan pendahuluan saluran & bangunan tipe bangunan - pemutakhiran ijin alokasi air - rincian volume & biaya (BOQ) <i>Cost-Benefit</i> dan <i>Economic</i>	- dengan tata letak jaringan irigasi & kelayakan yang telah terbukti, lanjutkan dengan perencanaan detail kumpulkan data-data tambahan untuk perencanaan detail - siapkan pengukuran & penyelidikan	Rekayasa : 75% Biaya: 90%

Tahap Studi	Kebutuhan Peta	Tanah Pertanian	Hidrologi Tersedianya air	Aspek Geoteknik	Perekayasaan	Aspek Multisektor	Produk akhir	Kesimpulan Rekomendasi	Derajat ketelitian
				galian bahan, penyelidikan tempat galian bahan uji laboratorium untuk contoh-contoh pilihan guna mengetahui sifat-sifat teknik tanah	<ul style="list-style-type: none"> - penentuan garis sempadan saluran - Rincian volume & Biaya pendahuluan & perkiraan biaya 		<i>Internal Rate of Return</i> - analisis dampak proyek terhadap lingkungan	detail	

Untuk Studi Pengenalan tidak dilakukan pengukuran aspek-aspek topografi (peta dengan garis-garis kontur berskala 1:25.000) geologi teknik (penyelidikan Pendahuluan) dan kecocokan tanah (peta kemampuan tanah berskala 1:250.000). Semua kesimpulan dibuat berdasarkan pemeriksaan lapangan, sedangkan alternatif rencana teknik didasarkan pada peta-peta yang tersedia. Ketepatan rencana teknik sangat bergantung pada ketepatan peta. Akan tetapi, rencana tersebut akan menetapkan tipe irigasi dan bangunan. Studi Pengenalan akan memberikan kesimpulan-kesimpulan tentang ketujuh persyaratan perencanaan seperti telah disebutkan dalam pendahuluan Bab 3, luas daerah irigasi akan ditetapkan dan nama Proyek akan diberikan.

3.2.4 Studi Kelayakan

Jika perlu, Studi Kelayakan bisa didahului dengan Studi Prakelayakan. Tujuan utama Studi Prakelayakan adalah untuk menyaring berbagai proyek alternatif yang sudah dirumuskan dalam Studi Pengenalan berdasarkan perkiraan biaya dan keuntungan yang dapat diperoleh. Alternatif untuk studi lebih lanjut akan ditentukan. Pada taraf ini tidak diadakan pengukuran lapangan, tetapi hanya akan dilakukan pemeriksaan lapangan saja. Tujuan utama studi kelayakan adalah untuk menilai kelayakan pelaksanaan untuk proyek dilihat dari segi teknis dan ekonomis. Studi kelayakan bertujuan untuk:

- Memastikan bahwa penduduk setempat akan mendukung dilaksanakannya proyek yang bersangkutan;
- Memastikan bahwa masalah sosial dan lingkungan lainnya bisa diatasi tanpa kesulitan tinggi
- Mengumpulkan dan meninjau kembali hasil-hasil studi yang telah dilakukan sebelumnya;
- Mengumpulkan serta menilai mutu data yang sudah tersedia;
 - Para petani pemakai air sekarang dan dimasa mendatang
 - Topografi

- Curah hujan dan aliran sungai
 - Pengukuran tanah
 - Status tanah dan hak atas air
 - Kebutuhan air tanaman dan kehilangan-kehilangan air
 - Polatanam dan panen
 - Data-data geologi teknik untuk bangunan
 - Biaya pelaksanaan
 - Harga beli dan harga jual hasil-hasil pertanian
- Menentukan data-data lain yang diperlukan;
 - Memperkirakan jumlah air rata-rata yang tersedia serta jumlah air dimusim kering;
 - Menetapkan luas tanah yang cocok untuk irigasi;
 - Memperkirakan kebutuhan air yang dipakai untuk keperluan-keperluan non irigasi;
 - Menunjukkan satu atau lebih pola tanam dan intensitas (seringnya) tanam sesuai dengan air dan tanah irigasi yang tersedia, mungkin harus juga dipertimbangkan potensi tadah hujan dan penyiangan; mempertimbangkan pemanfaatan sumber daya air untuk berbagai tujuan;
 - Pemutakhiran ijin alokasi air irigasi;
 - Membuat perencanaan garis besar untuk pekerjaan yang diperlukan; memperkirakan biaya pekerjaan, pembebasan tanah dan eksploitasi;
 - Memperkirakan keuntungan langsung maupun tak langsung serta dampak yang ditimbulkannya terhadap lingkungan;
 - Melakukan analisis ekonomi dan keuangan;
 - Jika perlu, bandingkan ukuran-ukuran alternatif dari rencana yang sama, atau satu dengan yang lain, bila perlu siapkan neraca air untuk rencana-rencana alternatif, termasuk masing-masing sumber dan kebutuhan, jadi pilihlah pengembangan yang optimum.

Untuk mencapai tingkat ketelitian yang tinggi pada studi kelayakan dibutuhkan data yang lebih lengkap guna merumuskan semua komponen proyek yang direncanakan. Dengan memasukkan masalah sosial dan lingkungan, diharapkan saat pelaksanaan konstruksi nanti tidak timbul gejolak sosial dan permasalahan lingkungan. Perencanaan pendahuluan untuk pekerjaan prasarana yang diperlukan hanya dapat dibuat berdasarkan data topografi yang cukup lengkap. Studi Kelayakan biasanya memerlukan pengukuran topografi tambahan. Perencanaan untuk Studi Kelayakan harus mengikuti persyaratan untuk perencanaan pendahuluan seperti yang diuraikan dalam subbab 3.3.1.

3.3 Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan dimulai setelah diambilnya keputusan untuk melaksanakan proyek. Disini dibedakan adanya dua taraf seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 3-3.

- Taraf Perencanaan Pendahuluan
- Taraf Perencanaan Akhir (detail)

Perencanaan Pendahuluan merupakan bagian dari Studi Kelayakan. Jika tidak dilakukan Studi Kelayakan, maka Tahap Perencanaan Pendahuluan harus dilaksanakan sebelum Tahap Perencanaan Akhir.

Ahli irigasi yang ambil bagian dalam Tahap Perencanaan, sering belum terlibat didalam Tahap studi. Oleh karena itu ahli irigasi diwajibkan untuk mengadakan verifikasi dan mempelajari kesimpulan-kesimpulan yang dicapai pada Tahap Studi sebelum ia memulai pekerjaannya. Jika demikian halnya, maka boleh jadi diperlukan studi ulang atau penyelidikan tambahan.

Kegiatan-kegiatan pada Studi Kelayakan juga banyak mencakup kegiatan. Kegiatan yang dilakukan pada Taraf Perencanaan Pendahuluan.

3.3.1 Taraf Perencanaan Pendahuluan

a. Pengukuran

a. 1. Peta topografi

Program pemetaan dimulai dengan peninjauan cakupan, ketelitian dan kecocokan peta-peta dan foto udara yang sudah ada. Lebih lanjut akan direncanakan pengukuran-pengukuran, pemotretan udara dan pemetaan dengan ketentuan-ketentuan yang mendetail. Biasanya akan dibuat sebuah peta topografi baru yang dilengkapi dengan garis-garis tinggi untuk proyek-itu.

Peta topografi itu terutama akan digunakan dalam pembuatan tata letak pendahuluan jaringan irigasi yang bersangkutan. Peta-peta topografi dibuat dengan skala 1:25.000 untuk tata letak umum, dan 1:5.000 untuk tata letak detail.

Pemetaan topografi sebaiknya didasarkan pada foto udara terbaru, dengan skala foto sekitar 1:10.000. Hal ini akan mempermudah perubahan peta-peta ortofoto atau mosaik yang dilengkapi dengan garis-garis ketinggian yang memperlihatkan detail lengkap topografi. Seandainya tidak belum tersedia foto udara dan pembuatan foto udara baru akan meminta terlalu banyak biaya, maka sebagai gantinya dapat dibuat peta terestris yang dilengkapi dengan garis-garis tinggi.

Bila foto udara tersebut dibuat khusus untuk proyek, maka skalanya adalah sekitar 1:10.000, digunakan baik untuk taraf perencanaan maupun studi kelayakan. Biasanya pembuatan peta untuk proyek irigasi seluas 10.000 ha atau lebih, didasarkan pada hasil pemotretan udara.

Tabel 3-3. Kegiatan-Kegiatan dalam Tahap Perencanaan Jaringan Utama

Tahap Perencanaan Jaringan Utama	Lokasi Topografi	Tanah Pertanian	Hidrologi dan tersedianya air	Aspek Geoteknik	Perekayasaan	Aspek Multisektor	Produk Akhir	Kesimpulan & Rekomendasi	Derajat ketelitian
a. Perencanaan Pendahuluan	<ul style="list-style-type: none"> - peta situasi skala 1: 5.000 dengan cara terestis atau fotogrametris dengan pengambilan foto udara skala 1: 10.000 - peta situasi skala 1: 2.000 untuk bangunan-bangunan besar - peta situasi skala 1: 5.000 dengan cara terestis atau fotogrametris dengan pengambilan foto udara skala 1: 10.000 - peta situasi skala 1: 2.000 untuk bangunan-bangunan besar 	<ul style="list-style-type: none"> - pengukuran tanah & semidetil dan penelitian kecocokan tanah dengan peta 1:25.000 -rencana pertanian - pola tanam -kebutuhan penyiapan lahan -persemaian - pengolahan 	<ul style="list-style-type: none"> - pengukuran lapangan - pengumpulan data tambahan - perhitungann neraca air - kebutuhan air tersedianya air - kebutuhan rotasi - kebutuhan pembuang - banjir rencana 	<ul style="list-style-type: none"> - penyediaan geoteknik terbatas lokasi bangunan-bangunan besar dengan pemboran - pengambilan contoh sepanjang trase saluran dan lokasi bangunan - bahan penyelidikan sumber bahan galian & timbunan - uji laboratorium contoh-contoh yang dipilih guna mengetahui sifat-sifat teknik tanah - rumuskan program penyelidikan detail 	<ul style="list-style-type: none"> - perencanaan tata letak akhir saluran & bangunan - tipe bangunan dengan tipe perencanaannya - kapasitas rencana - cek trase dan elevasi saluran setiap 400 m - Rincian Volume dan Biaya dan perkiraan biaya (awal) - rumuskan penyelidikan model, jika perlu 		<p>Laporan Perencanaan pendahuluan peta topografi dengan garis-garis kontur, skala 1:25.000 dan 1:5000 peta lokasi bangunan-bangunan besar skala 1:500 peta kemampuan tanah analisis tersedianya air, kebutuhan air dan kebutuhan pembuang pola tanaman tata letak akhir jaringan irigasi dan pembuang skala 1:25.000 dan 1:5.000 gambar-gambar perencanaan pendahuluan untuk bangunan utama, saluran & bangunan</p>	<ul style="list-style-type: none"> - berdasarkan tata letak akhir, lanjutkan dengan perencanaan detail kumpulkan data tambahan untuk perencanaan detail penyiapan penyelidikan dan pengukuran detail 	<p>Rekayasa: 70%</p> <p>Biaya: 90%</p>
b. Perencanaan Akhir (Detail)	<ul style="list-style-type: none"> - pengukuran trase saluran dengan skala peta 1:2.000 dan bangunan- 			<ul style="list-style-type: none"> - penyelidikan geoteknik detail dengan pemboran, jika perlu, untuk lokasi 	<ul style="list-style-type: none"> - penyelidikan model hidrolis (jika perlu) - tinjau dan modifikasi perencanaan 	Kerjasama dengan	<p>Laporan Perencanaan semua informasi dan data dasar perhitungan</p>	<p>persiapan pelaksanaan kumpulkan data-data tambahan untuk</p>	<p>Rekayasa : 90%</p>

Tahap Perencanaan Jaringan Utama	Lokasi Topografi	Tanah Pertanian	Hidrologi dan tersedianya air	Aspek Geoteknik	Perekayasaan	Aspek Multisektor	Produk Akhir	Kesimpulan & Rekomendasi	Derajat ketelitian
	bangunan pelengkap dengan skala 1:200 - laporan akhir	- pola tanam akhir (definitif)	- perhitungan - akhir untuk laporan perencanaan	bangunan utama, saluran, bangunan, sumber bahan galian/timbunan - parameter - perencanaan geoteknik yang dianjurkan - perhitungan - akhir untuk laporan perencanaan	pendahuluan menjadi perencanaan akhir - perencanaan detail, gambar perencanaan Rincian volume dan biaya dan Dokumentasi Tender - Laporan Perencanaan - Biaya dan metode pelaksanaan	instansi-instansi untuk aspek-aspek yang berhubungan: jalan, transmigrasi, pertanian, PEMDA	perencanaan gambar-gambar pelaksanaan rincian volume & biaya perkiraan biaya metode & program pelaksanaan dokumen tender buku petunjuk E&P	pelaksanaan pembebasan tanah	Biaya: 95%

Selama pemetaan topografi, sebagian dari sungai, dimana terletak bangunan-bangunan utama proyek (bendungan atau bendung gerak) dan lokasi-lokasi bangunan silang utama dapat juga diukur. Ini akan menghasilkan peta lokasi detail berskala 1:500/200 untuk lokasi bangunan utama dan bangunan-bangunan silang tersebut. Informasi ini sangat tak ternilai harganya dalam taraf perencanaan pendahuluan dan akan memperlancar proses perencanaan.

Bagaimanapun sifat pekerjaan, terencilnya lapangan, pengaruh musim dan banyaknya instansi yang terlibat didalamnya, perencanaan yang teliti dan tepat waktu adalah penting. Salah hitung dapat dengan mudah menyebabkan tertundanya tahap perencanaan berikutnya.

a. 2. Penelitian kemampuan tanah

Studi Identifikasi atau Studi Pengenalan memberikan kesimpulan mengenai kemampuan tanah daerah yang bersangkutan untuk irigasi tanah pertanian. Kesimpulan ini didasarkan pada hasil penilaian data yang tersedia dan hasil penyelidikan lapangan terbatas yang dilakukan selama peninjauan lapangan. Dengan keadaan tanah yang seragam rencana pertanian dapat diperkirakan dengan ketepatan yang memadai berdasarkan data-data yang terbatas tersebut. Apabila keadaan tanah sangat bervariasi dan jelek, maka ahli pertanian irigasi bisa meminta data tanah yang lebih detail.

Penelitian kemampuan tanah dapat dilaksanakan sebelum pembuatan tata letak pendahuluan. Hasil-hasil penelitian ini, akan merupakan panduan bagi ahli irigasi untuk memutuskan apakah suatu daerah tidak akan diiri akibat keadaannya yang jelek.

Untuk melakukan penelitian ini harus sudah tersedia peta dasar topografi atau foto udara. Penelitian kemampuan tanah harus diadakan sampai tingkat setengah-detail, dengan pengamatan tanah per 25 ha sampai 50 ha.

Penelitian ini juga akan mengumpulkan data-data mengenai permeabilitas/kelulusan dan perkolasi tanah untuk dipakai sebagai bahan, masukan bagi penghitungan kebutuhan air irigasi.

Penelitian kemampuan tanah untuk studi kelayakan serupa dengan penelitian yang sudah dijelaskan diatas.

b. Perencanaan pendahuluan

Tujuan yang akan dicapai oleh tahap perencanaan pendahuluan adalah untuk menentukan lokasi dan ketinggian bangunan-bangunan utama, saluran irigasi dan pembuang, dan luas daerah layanan yang kesemuanya masih bersifat pendahuluan. Walaupun tahap ini masih disebut perencanaan "pendahuluan", namun harus dimengerti bahwa hasilnya harus diusahakan setepat mungkin.

Pekerjaan dan usaha yang teliti dalam tahap perencanaan pendahuluan akan menghasilkan perencanaan detail yang bagus.

Hasil perencanaan pendahuluan yang jelek sering tidak diperbaiki lagi dalam taraf perencanaan detail demi alasan-alasan praktis.

Pada taraf perencanaan pendahuluan akan diambil keputusan-keputusan mengenai:

- Lokasi bangunan-bangunan utama dan bangunan-bangunan silang utama. Tata letak jaringan
- Perencanaan petak-petak tersier
- Pemilihan tipe-tipe bangunan
- Trase dan potongan memanjang saluran
- Pengusulan garis sempadan saluran pendahuluan
- Jaringan dan bangunan pembuang.

Dalam menentukan keputusan-keputusan diatas, sering harus digunakan sejumlah kriteria yang luas dan kompleks yang kadang-kadang saling bertentangan untuk mendapatkan pemecahan yang "terbaik". Pada dasarnya seluruh permasalahan teknik

yang mungkin timbul selama perencanaan, bagaimana pun kurang pentingnya, akan ditinjau pada tahap ini.

Perencanaan pendahuluan merupakan pekerjaan ahli irigasi yang sudah berpengalaman di bidang perencanaan umum dan perencanaan teknis. Adalah penting bagi seorang ahli irigasi untuk mengenal lapangan sebaik-baiknya. Ahli tersebut akan memeriksa dan meninjau rancangan (*draft*) perencanaan pendahuluan di lapangan. Ia akan melakukan pemeriksaan lapangan didampingi kurangnya seorang ahli geodetik untuk bidang topografi geoteknik untuk sifat-sifat teknik tanah.

Perekayasa juga diwajibkan untuk mengecek hasil-hasil pengukuran topografi di lapangan. Pemeriksaan ini harus mencakup hasil pengukuran trase dan elevasi saluran yang direncana. Elevasi harus dicek setiap interval 400 m. Ketelitian peta garis-garis tinggi harus dicek.

Selain cek trase dan elevasi saluran pengecekan lapangan harus mencakup hasil-hasil pengukuran ulang ketinggian-ketinggian penting yang dilakukan pada tarat perencanaan pendahuluan, misalnya bangunan utama, bangunan-bangunan silang utama, beberapa *benchmark*, dan alat pencatat otomatis tinggi muka air.

Perencanaan pendahuluan meliputi:

- Tata letak dengan skala 1:25.000 dan presentasi detail dengan skala 1:5.000
- Potongan memanjang yang diukur di lapangan dengan perkiraan ukuran-ukuran potongan melintang dari peta garis tinggi serta garis sempadan saluran.
- Tipe-tipe bangunan
- Perencanaan bangunan utama
- Perencanaan bangunan-bangunan besar.

Rincian lebih lanjut akan diberikan dalam Bab 5.

Untuk keperluan studi kelayakan yang mendukung perencanaan pendahuluan maka dibuat dengan persyaratan yang serupa.

Perencanaan pendahuluan didasarkan pada pengukuran trase saluran dan pengukuran situasi untuk bangunan. Detail persyaratan pengukuran ini, misalnya lokasi dan ketinggian, berupa bagian dari perencanaan pendahuluan.

Dari perencanaan pendahuluan untuk bangunan utama akan dapat dirumuskan ketentuan untuk penyelidikan hidrolis model dan penyelidikan geoteknik detail, jika diperlukan.

Sifat dan ruang lingkup pekerjaan ini akan ditentukan kemudian.

Pada tahap perencanaan pendahuluan akan dibuat analisis hidrologi proyek yang meliputi:

- Tersedianya air
- Kebutuhan air
- Neraca air.

Analisis itu dimaksudkan untuk meyakinkan bahwa tersedia cukup air untuk irigasi dan tujuan-tujuan lain khususnya air minum di daerah proyek yang direncanakan.

Analisis hidrologi ini didasarkan pada data-data yang diperoleh pada Tahap Studi Analisis ini mutlak perlu apabila air yang tersedia terbatas tapi daerah yang harus diairi sangat luas. Berdasarkan jumlah air yang tersedia, dibuatlah perhitungan detail mengenai daerah maksimum yang akan diairi. Baru kemudian tata letak dapat dibuat. Berdasarkan hasil analisa kebutuhan air maka pemutakhiran ijin alokasi air irigasi dapat dibuat.

Hasil-hasil analisis ini bahkan mungkin menunjukkan perlu ditinjaunya kembali rencana pertanian yang telah diusulkan dalam Tahap Studi sebelumnya.

3.3.2 Taraf Perencanaan Akhir

a. Pengukuran dan penyelidikan

Untuk melaksanakan perencanaan akhir, sejumlah pengukuran dan penyelidikan harus dilakukan. Rumusan dan ketentuan pengukuran dan penyelidikan ini didasarkan pada hasil-hasil dan penemuan tahap perencanaan pendahuluan. Tanggung jawab atas persyaratan, pelaksanaan dan hasil-hasil akhir ada pada perekayasa.

Kegiatan-kegiatan ini meliputi :

- a. 1. Pengukuran topografi
 - Pengukuran trase saluran
 - Pengukuran situasi bangunan-bangunan khusus
- a. 2. Penyelidikan geologi teknik
 - Geologi
 - Mekanika tanah
- a. 3. Penyelidikan model hidrolis.

Perencanaan serta pengawasan pengukuran dan penyelidikan harus dilakukan dengan teliti. Ada berbagai instansi yang terlibat didalam kegiatan-kegiatan di daerah terpencil. Keadaan iklim bisa menghambat pelaksanaan pekerjaan ini, mungkin hanya bisa dilakukan dimusim kemarau saja. Penundaan-penundaan yang terjadi selama dilakukannya pekerjaan pengukuran akan sangat mempengaruhi kegiatan-kegiatan perencanaan akhir.

a. 1. Pengukuran topografi

Pengukuran trase saluran dilakukan menyusul masuknya hasil-hasil tahap perencanaan pendahuluan. Adalah penting bahwa untuk pengukuran sipat datar trase saluran hanya dipakai satu basis (satu tinggi benchmark acuan). Tahap ini telah selesai dan menghasilkan peta tata letak dengan skala 1:5.000 dimana trase saluran diplot.

Ahli irigasi harus sudah menyelidiki trase ini sampai lingkup tertentu dan sudah memahami ketentuan-ketentuan khusus pengukuran (lihat subbab 3.3.1.b).

Pengukuran-pengukuran situasi juga dilaksanakan pada taraf ini yang meliputi:

- Saluran-pembuang silang yang besar dimana topografi terlalu tidak teratur untuk menentukan lokasi as saluran pada lokasi persilangan;
- Lokasi bangunan-bangunan khusus.

Disini ahli irigasi harus memberikan ketentuan-ketentuan/spesifikasi dan bertanggung jawab atas hasil-hasilnya.

a. 2. Penyelidikan Geologi Teknik

Informasi mengenai geologi teknik yang diperlukan untuk perencanaan dikhususkan pada kondisi geologi, *subbase* (pondasi) daya dukung tanah, kelulusan (permeabilitas) dan daerah-daerah yang mungkin dapat dijadikan lokasi sumber bahan timbunan.

Pada tahap studi penilaian pendahuluan mengenai karakteristik geologi teknik dan geologi dibuat berdasarkan data-data yang ada dan inspeksi penyelidikan lapangan. Penyelidikan detail dirumuskan segera setelah rencana pendahuluan pekerjaan teknik diselesaikan.

Sering terjadi bahwa penyelidikan pondasi bangunan ini dilakukan terbatas sampai pada bangunan utama saja jika perlu dengan cara pemboran atau penyelidikan secara elektrik. Namun demikian, dalam beberapa hal lokasi bangunan besar mungkin juga memerlukan penyelidikan geologi teknik sehubungan dengan terdapatnya keadaan *subbase* yang lemah. Penyelidikan saluran sering terbatas hanya sampai pada tes-tes yang sederhana, misalnya pemboran tangan.

Untuk saluran-saluran pada galian atau timbunan tinggi dengan keadaan tanah yang jelek, akan diperlukan penyelidikan-penyelidikan yang lebih terinci.

Ketentuan-ketentuan penyelidikan ini dan ruang lingkup pengukurannya akan dirancang oleh ahli irigasi berkonsultasi dengan ahli geologi dan ahli mekanika tanah yang bertanggung jawab atas pelaksanaan penyelidikan tersebut.

Analisis dan evaluasi datanya akan dikerjakan oleh ahli geologi teknik dan hasilnya harus siap pakai untuk perencanaan. Dari awal keikutsertaannya, ahli itu harus memiliki pengetahuan yang jelas mengenai bangunan-bangunan yang direncanakan. Akan tetapi, perencanaan akhir diputuskan oleh perencana.

Perlu diingat bahwa sebagian dari kegiatan-kegiatan penyelidikan geologi teknik diatas, telah dilakukan untuk studi kelayakan proyek. Biasanya data-data ini tidak cukup untuk perencanaan detail, khususnya yang menyangkut pondasi bangunan-bangunan besar.

a. 3. Penyelidikan hidrolis model

Untuk perencanaan jaringan irigasi penyelidikan model hidrolis mungkin hanya diperlukan untuk bangunan-bangunan utama dan beberapa bangunan besar didalam jaringan itu. Pada umumnya penyelidikan dengan model diperlukan apabila rumus teoritis dan empiris aliran tidak bisa merumuskan pola aliran penggerusan lokal dan angkutan sedimen di sungai. Selanjutnya penyelidikan hidrolis model akan membantu menentukan bentuk hidrolis, bangunan utama dan pekerjaan sungai di ruas sungai sebelahnya.

Perencanaan pendahuluan untuk bangunan utama akan didasarkan pada kriteria teoritis dan empiris. Pengalaman masa lalu dan bangunan utama lain akan merupakan tuntunan bagi perekayasa yang belum berpengalaman dalam menentukan bentuk hidrolis yang terbaik.

Apabila penyelidikan dengan model memang diperlukan, maka ahli irigasi akan merumuskan program dan ketentuan-ketentuan tes dan penyelidikan setelah berkonsultasi dahulu dengan pihak laboratorium. Penyelidikan dengan model tersebut harus menghasilkan petunjuk-petunjuk yang jelas mengenai modifikasi terhadap perencanaan pendahuluan. Perencanaan, akhir akan diputuskan oleh perencana berdasarkan hasil-hasil penyelidikan dengan model.

b. Perencanaan dan laporan akhir

Pembuatan perencanaan akhir merupakan tahap terakhir dalam Perencanaan Jaringan Irigasi. Dalam tahap ini gambar-gambar tata letak, saluran dan bangunan akan dibuat detail akhir.

Tahap perencanaan akhir akan disusul dengan perkiraan biaya, program dan metode pelaksanaan, pembuatan dokumen tender dan pelaksanaan.

Perencanaan akhir akan disajikan sebagai laporan perencanaan yang berisi semua data yang telah dijadikan dasar perencanaan tersebut serta kriteria yang diterapkan, maupun gambar-gambar perencanaan dan rincian volume dan biaya (*bill of quantities*). Laporan itu juga memuat informasi mengenai urutan pekerjaan pelaksanaan dan eksploitasi dan pemeliharaan jaringan irigasi.

Perubahan trase saluran dan posisi bangunan irigasi dimungkinkan karena pertimbangan topografi dan geoteknik untuk itu garis sempadan saluran harus disesuaikan dengan perubahan tersebut.

BAB VI

DATA, PENGUKURAN DAN PENYELIDIKAN

UNTUK PERENCANAAN IRIGASI

4.1 Umum

4.1.1 Pengumpulan Data

Kegiatan-kegiatan Tahap Perencanaan dapat dibagi menjadi dua bagian seperti yang diperlihatkan dalam bab terdahulu, yaitu:

- Tahap perencanaan pendahuluan, dan
- Tahap perencanaan akhir.

Dalam kedua tahap tersebut, dilakukan pengukuran dan penyelidikan guna memperoleh data yang diperlukan untuk membuat perencanaan pendahuluan hingga perencanaan akhir.

Data-data yang dikumpulkan selama Tahap Studi hanya seperti data yang dikumpulkan berdasarkan pemeriksaan dan penyelidikan lapangan. Tidak dibutuhkan pengumpulan data secara sistematis seperti dalam Tahap Perencanaan. Disini ada satu pengecualian, yakni pengumpulan data untuk Studi Kelayakan. Seperti yang dibicarakan dalam Bab 3, data-data ini dikumpulkan menurut. Persyaratan seperti pada tahap Perencanaan Pendahuluan.

Dalam bab ini hanya akan dirinci data-data yang diperlukan untuk Tahap Perencanaan. Untuk tahap-tahap perencanaan data-data yang dibutuhkan adalah yang berhubungan dengan informasi mengenai hidrologi, topografi dan geologi teknik.

4.1.2 Sifat-Sifat Data

Gejala-gejala hidrologi seperti aliran sungai dan curah hujan bervariasi dalam hal waktu, dan hanya bisa dipelajari dengan tepat melalui data-data dasar yang telah terkumpul sebelum studi ini. Sering tersedianya catatan historis mengenai gejala ini

terbatas hanya dari beberapa tahun saja, atau bahkan tidak ada sama sekali. Penyelidikan di lapangan hanya akan menghasilkan informasi mengenai gejala-gejala yang ada sekarang pengetahuan mengenai hidrologi di daerah-daerah yang berdekatan dan metode, metode perkiraan hidrologi yang sudah mapan akan merupakan dasar untuk memperkirakan parameter hidrologi yang diperlukan.

Untuk informasi mengenai topografi dan keadaan geologi teknik situasinya berbeda. Pengukuran-pengukuran khusus menjelang tahap perencanaan akan dilakukan untuk memperoleh data-data yang diperlukan untuk perencanaan.

4.1.3 Ketelitian Data

Data yang diperlukan untuk tahap-tahap studi berbeda dengan yang diperlukan untuk tahap perencanaan dalam hal sifat, ketelitian dan kelengkapan (lihat Tabel 3-2 dan 3-3). Dalam Tahap Studi tingkat ketelitian untuk Studi Identifikasi harus sekitar 40% sampai 50%, Studi Pengenalan harus mencapai tingkat ketelitian 60% untuk rekayasa dan 70% untuk perkiraan biaya.

Biasanya studi kelayakan ekonomi mempunyai persyaratan ketepatan biaya yang berbeda, yaitu sekitar 90%. Pelaksanaan studi kelayakan pun sering memakai asumsi standar untuk berbagai parameter. Akan tetapi, hal ini dapat diterima sebagai teknis, asalkan asumsi standar tersebut konsisten dengan asumsi-asumsi yang dilakukan untuk studi-studi yang serupa. Ini membuat hasil berbagai studi kelayakan dapat diperbandingkan dan dengan demikian membuat studi ini suatu sarana untuk pembuatan keputusan dalam pemilihan proyek yang akan dilaksanakan.

4.2 Hidrometeorologi

4.2.1 Data

a. Parameter

Parameter-parameter hidrologi yang sangat penting untuk perencanaan jaringan irigasi adalah:

- Curah hujan
- Evapotranspirasi
- Debit puncak dan debit harian
- Angkutan sedimen.

Sebagian besar parameter-parameter hidrologi diatas akan dikumpulkan; dianalisis dan dievaluasi didalam Tahap Studi proyek tersebut. Pada Tahap Perencanaan, hasil evaluasi hidrologi akan ditinjau kembali dan mungkin harus dikerjakan dengan lebih mendetail berdasarkan data-data tambahan dari lapangan dan hasil-hasil studi perbandingan. Ahli irigasi sendiri harus yakin bahwa parameter hidrologi itu benar-benar telah memadai untuk tujuan-tujuan perencanaan.

Dalam Tabel 4-1. diringkaskan parameter perencanaan. Data-data hidrologi dan kriteria perencanaan. Kriteria ini akan diuraikan lebih lanjut dalam pasal-pasal berikut ini.

b. Pencatatan data

Catatan informasi mengenai analisis hidrologi terdiri dari peta-peta, aliran sungai dan meteorologi. Informasi tersebut dapat diperoleh dari instansi-instansi yang disebutkan dalam Bab III.

Adalah penting bagi perencana untuk memeriksa tempat-tempat pencatatan data, memeriksa data-data yang terkumpul dan metode pemrosesannya, memastikan bahwa tinggi alat ukur adalah nol sebelum dilakukan evaluasi dan analisis data. Perencana hendaknya yakin bahwa perencanaannya dibuat berdasarkan data-data yang andal. Analisis dan evaluasi data-data hidrometeorologi disajikan pada Lampiran 3 buku ini.

c. Penyelidikan lokasi

Penyelidikan di daerah aliran sungai dan irigasi akan lebih melengkapi catatan data dan lebih memperdalam pengetahuan mengenai gejala-gejala hidrologi. Tempat-tempat pencatatan akan dikunjungi dan metode yang digunakan diperiksa. Penyelidikan lapangan dipusatkan pada keadaan aliran sungai dan daerah pembuangan. Data-data yang akan dikumpulkan berkenaan dengan tinggi muka air maksimum, peluapan tanggul sungai, penggerusan, sedimentasi dan erosi tanggul. Potongan melintang tinggi tanggul (*bankfull cross-sections*) akan diperkirakan; koefisien kekasaran saluran dan kemiringan dasar diukur dimana perlu.

Wawancara mengenai keadaan setempat dapat mengorek informasi yang sangat berharga tentang hidrologi historis. Orang-orang yang akan diwawancarai harus diseleksi, yaitu orang-orang yang dapat memberikan informasinya secara objektif dan kebenarannya dapat diandalkan. Tinggi muka air penggenangan, lokasi dan besarnya pelimpahan tanggul sungai, dan frekuensi kejadiannya sering diketahui dengan baik oleh penduduk setempat.

4.2.2 Curah Hujan

Analisis curah hujan dilakukan dengan maksud untuk menentukan :

- Curah hujan efektif untuk menghitung kebutuhan irigasi. Curah hujan efektif atau andalan adalah bagian dari keseluruhan curah hujan yang secara efektif tersedia untuk kebutuhan air tanaman.
- Curah hujan lebih (*excess rainfall*) dipakai untuk menghitung kebutuhan pembuangan/drainase dan debit (banjir).

Untuk analisis curah hujan efektif, curah hujan di musim kemarau dan penghujan akan sangat penting artinya. Untuk curah hujan lebih, curah hujan di musim penghujan (bulan-bulan turun hujan) harus mendapat perhatian tersendiri. Untuk kedua tujuan tersebut data curah hujan harian akan dianalisis untuk mendapatkan

tingkat ketelitian yang dapat diterima. Data curah hujan harian yang meliputi periode sedikitnya 10 tahun akan diperlukan.

Analisis curah hujan yang dibicarakan disini diringkas pada Tabel 4-1.

Tabel 4-1. Parameter Perencanaan

Cek Data	Analisis & Evaluasi	Parameter Perencanaan
<ul style="list-style-type: none"> - Total - Harga-harga tinggi - Double massplot - Diluar tempat pengukuran yang dijadikan referensi 	<ul style="list-style-type: none"> - Distribusi bulan/musim - Distribusi tahunan - Isohet - Tahunan - Pengaruh ke tinggian, angin, orografi - transportasi/perubahan jika seringnya terlalu pendek - hujan lebat 	<p><u>Curah Hujan Efektif</u></p> <p>Didasarkan pada curah hujan minimum tengah-bulanan, kemungkinan tak terpenuhi 20%, dengan distribusi frekuensi normal atau log – normal</p> <p><u>Curah hujan lebih</u></p> <p>Curah hujan 3 – hari maksimum dengan kemungkinan tak terpenuhi 20% dengan distribusi frekuensi normal atau log – normal</p> <p><u>Hujan lebat</u></p> <p>Curah hujan sehari maksimum dengan kemungkinan tak terpenuhi 20%, 4%-1%, 0,1% dengan distribusi frekuensi yang eksterm</p>

4.2.3 Evapotranspirasi

Analisis mengenai evaporasi diperlukan untuk menentukan besarnya evapotranspirasi tanaman yang kelak akan dipakai untuk menghitung kebutuhan air irigasi dan, jika perlu untuk studi neraca air di daerah aliran sungai. Studi ini mungkin dilakukan bila tidak tersedia data aliran dalam jumlah yang cukup.

Data-data iklim yang diperlukan untuk perhitungan ini adalah yang berkenaan dengan :

- Temperatur: harian maksimum, minimum dan rata-rata
- Kelembaban relatif

- Sinar matahari: lamanya dalam sehari
- Angin: kecepatan dan arah
- Evaporasi: catatan harian

Data-data klimatologi diatas adalah standar bagi stasiun-stasiun agrometeorologi. Jangka waktu pencatatan untuk keperluan analisis yang cukup tepat dan andal adalah sekitar sepuluh tahun.

Tabel 4-2. Parameter Perencanaan Evapotranspirasi

Metode	Data	Parameter Perencanaan
Dengan pengukuran	Kelas Pan A harga-harga evapotranspirasi	Jumlah rata-rata 10 harian atau 30 harian, untuk setiap tengah bulanan atau mingguan
Perhitungan dengan rumus penman atau yang sejenis	Temperatur kelembapan relatif sinar matahari angin	Harga rata-rata tengah bulanan, atau rata-rata mingguan

4.2.4 Banjir Rencana

Banjir rencana adalah debit maksimum di sungai atau saluran alamiah dengan periode ulang (rata-rata) yang sudah ditentukan yang dapat dialirkan tanpa membahayakan proyek irigasi dan stabilitas bangunan- bangunan.

Presentase kemungkinan tak terpenuhi (rata-rata) yang dipakai untuk perencanaan irigasi adalah :

- Bagian atas pangkal bangunan 0,1%
- Bangunan utama dan bangunan-bangunan disekitarnya 1%
- Jembatan jalan Bina Marga 2%
- Bangunan pembuang silang, pengambilan di sungai 4%
- Bangunan pembuang dalam proyek 20%
- Bangunan sementara 20% - 40%

Jika saluran irigasi primer bisa rusak akibat banjir sungai, maka perentase kemungkinan tak terpenuhi sebaiknya diambil kurang dari 4%, kadang-kadang turun sampai 1% debit banjir ditetapkan dengan cara menganalisis debit puncak, dan biasanya dihitung berdasarkan hasil pengamatan harian tinggi muka air. Untuk keperluan analisis yang cukup tepat dan andal, catatan data yang dipakai harus paling tidak mencakup waktu 20 tahun. Persyaratan ini jarang bisa dipenuhi (lihat juga Tabel 4-4)

Faktor lain yang lebih sulit adalah tidak adanya hasil pengamatan tinggi muka air (debit) puncak dari catatan data yang tersedia. Data debit puncak yang hanya mencakup jangka waktu yang pendek akan mempersulit dan bahkan berbahaya bagi si pengamat.

Harga-harga debit rencana sering ditentukan dengan menggunakan metode hidrologi empiris, atau analisis dengan menghubungkan harga banjir dengan harga curah hujan. Lihat Lampiran 1 buku ini.

Pada kenyataannya bahwa ternyata debit banjir dari waktu ke waktu mengalami kenaikan, semakin membesar seiring dengan penurunan fungsi daerah tangkapan air.

Pembesaran debit banjir dapat menyebabkan kinerja irigasi berkurang yang mengakibatkan desain bangunan kurang besar. Antisipasi keadaan ini perlu dilakukan dengan memasukan faktor koreksi besaran 110% - 120% untuk debit banjir. Faktor koreksi tersebut tergantung pada kondisi perubahan DAS.

Perhitungan debit rencana yang sudah dibicarakan disini diringkas pada Tabel 4-3.

Tabel 4-3. Banjir Rencana

Catatan Banjir		Metode	Parameter Perencanaan
1a	Data cukup (20 tahun atau lebih)	Analisis frekuensi dengan distribusi frekuensi eksterm	Debit puncak dengan kemungkinan tak terpenuhi 20% - 4% - 1% - 0,1%
1b	Data terbatas (kurang dari 20 tahun)	Analisis frekuensi dengan metode “debit diatas ambang” (<i>peak over threshold method</i>)	Seperti pada 1a dengan ketepatan yang kurang dari itu
2	Data tidak ada	Hubungan empiris antara curah hujan – limpasan air hujan Gunakan metode <i>Der Weduwen</i> untuk daerah aliran < 100 km ² , Metode <i>Melchior</i> atau metode yang sesuai untuk daerah aliran > 100 km ²	Seperti pada 1a dengan ketepatan yang kurang dari itu
3	Data tidak ada	Metode kapasitas saluran SNI 03 – 1724 – 1989 SNI 03 – 3432 – 1994 Hitung banjir puncak dari tinggi air maksimum, potongan melintang & kemiringan sungai yang sudah diamati/diketahui. Metode tidak tepat hanya untuk mengecek 1b & 2 atau untuk memasukan data historis banjir dalam 1a	Debit puncak kemungkinan tak terpenuhi diperkirakan

4.2.5 Debit Andalan

Debit andalan (*dependable flow*) adalah debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk irigasi. Kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80% (kemungkinan bahwa debit sungai lebih rendah dari debit andalan adalah 20%). Debit andalan ditentukan untuk periode tengah – bulanan. Debit minimum sungai dianalisis atas dasar data debit harian sungai. Agar analisisnya cukup tepat dan andal, catatan data yang diperlukan harus meliputi jangka waktu paling sedikit 20 tahun. Jika persyaratan ini tidak bisa dipenuhi, maka metode hidrologi analitis dan empiris bisa dipakai.

Dalam menghitung debit andalan, kita harus mempertimbangkan air yang diperlukan dari sungai di hilir pengambilan.

Dalam praktek ternyata debit andalan dari waktu ke waktu mengalami penurunan seiring dengan penurunan fungsi daerah tangkapan air.

Penurunan debit andalan dapat menyebabkan kinerja irigasi berkurang yang mengakibatkan pengurangan areal persawahan. Antisipasi keadaan ini perlu dilakukan dengan memasukan faktor koreksi besaran 80% - 90% untuk debit andalan. Faktor koreksi tersebut tergantung pada kondisi perubahan DAS.

Tabel 4-4. Debit Andalan

Catatan Debit		Metode	Parameter Perencanaan
1a	Data cukup (20 tahun atau lebih)	Analisis frekuensi distribusi frekuensi normal	Debit rata-rata tengah bulan dengan kemungkinan tak terpenuhi 20%
1b	Data terbatas	Analisis frekuensi rangkaian debit dihubungkan dengan rangkaian curah hujan yang mencakup waktu lebih lama	Seperti pada 1a dengan ketelitian kurang dari itu
2	Data Minimal atau tidak ada	a. Model simulasi pertimbangan air dari <i>Dr. Mock</i> atau metode <i>Enreca</i> dan yang serupa lainnya curah hujan didaerah aliran sungai, evapotranspirasi, vegetasi, tanah dan karakteristik geologis daerah aliran sebagai data masukan. b. Perbandingan dengan daerah aliran sungai didekatnya.	Seperti pada 1b dengan ketelitian kurang dari itu
3	Data tidak ada	Metode kapasitas saluran Aliran rendah dihitung dari muka air rendah, potongan melintang sungai dan kemiringan yang sudah diketahui. Metode tidak tepat hanya sebagai cek	Seperti pada 1b dengan ketelitian kurang dari itu

4.3 Pengukuran

Walaupun pengukuran-pengukuran yang dibicarakan dibawah ini tidak selalu menjadi tanggung jawab langsung perekayasa, namun perlu diingat bahwa perekayasa hendaknya mengecek ketelitian peta yang dihasilkan. Untuk tujuan ini, mungkin perlu diadakan pengukuran lagi yang dimaksudkan untuk mengecek ketepatan dibawah pengawasan langsung tenaga ahli tersebut.

4.3.1 Pengukuran Topografi

Studi Awal dan Studi Identifikasi didasarkan pada peta-peta yang ada. Instansi-instansi yang dapat memberikan informasi yang diperlukan ini didaftar pada Bab 3. Pengukuran pemetaan merupakan kegiatan yang dimulai didalam Studi Identifikasi sampai tahap perencanaan pendahuluan suatu proyek.

Pemetaan bisa didasarkan pada pengukuran medan (terestris) penuh yang sudah menghasilkan peta-peta garis topografi lengkap dengan garis-garis konturnya. Ini adalah cara pemetaan yang relatif murah untuk daerah-daerah kecil. Pemetaan fotogrametri, walaupun lebih mahal, jauh lebih menguntungkan karena semua detail topografi dapat dicakup didalam peta. Ini sangat bermanfaat khususnya untuk perencanaan petak tersier. Yang paling tidak menguntungkan adalah apabila diperlukan foto udara dan biaya-biaya yang tinggi. Untuk proyek-proyek kecil pembuatan foto udara akan terlalu mahal dan kurang praktis perencanaannya. Kemudian pemecahan yang mungkin adalah pada waktu yang bersamaan mengambil potret untuk proyek-proyek yang bersebelahan/didekatnya.

Proyek seluas 10.000 ha atau lebih biasanya didasarkan pada peta foto udara. Untuk itu (jika dianggap perlu) akan dibuat foto udara yang baru, dengan skala foto 1:10.000.

Peta-peta yang dihasilkan dari pemetaan fotogrametri biasanya peta-peta foto; peta-peta garis yang dihasilkan dari foto akan banyak kehilangan detail topografi.

- Ketelitian planimetris:
Identifikasi lapangan dilakukan relatif sampai titik yang sudah ditentukan di lapangan dan ketepatan peta sekitar 1 mm dapat diterima.
- Jaringan irigasi dan pembuang:
Bila jaringan irigasi yang baru akan dibangun pada jaringan yang sudah ada, maka jaringan lama ini juga harus ikut diukur.
- Beberapa titik di sungai pada lokasi bendung akan dicakup dalam pengukuran topografi.
- Batas-batas administratif kecamatan dan desa akan digambar.
- Data-data dasar tanah seperti misalnya tipe medan, jenis utama vegetasi dan cara pengolahan tanah, daerah-daerah berbatu singkapan, atau daerah-daerah yang berpasir dan berbatu-batu akan dicatat.
- Jika peta-peta topografi yang dibuat juga akan dipakai untuk perencanaan tersier, saluran-saluran kecil yang ada akan diukur pula.

4.3.2 Pengukuran Sungai dan Lokasi Bendung

Untuk perencanaan bangunan utama di sungai diperlukan informasi topografi mendetail mengenai sungai dan lokasi bendung. Bersama-sama dengan pengukuran untuk peta topografi umum, akan diukur pula beberapa titik di sungai. Hasil-hasilnya akan digunakan dalam perencanaan pendahuluan jaringan irigasi.

Pengukuran ini mencakup unsur-unsur berikut :

- Peta bagian sungai dimana bangunan utama akan dibangun. Skala peta ini adalah 1: 2.000 atau lebih besar, yang meliputi 1 km ke hulu dan 1 km ke hilir bangunan utama dan melebar hingga 250 m ke masing-masing sisi sungai. Daerah bantaran harus terliput semuanya. Kegiatan Pengukuran ini juga mencakup pembuatan peta daerah rawan banjir. Peta itu harus dilengkapi dengan garis-garis kontur pada interval 1,0 m, kecuali di dasar sungai dimana diperlukan garis-garis kontur pada interval 0,50 m. Peta itu juga harus memuat batas-batas penting seperti batas-

batas desa, sawah dan semua prasarananya. Disitu harus pula ditunjukkan tempat-tempat titik tetap (*benchmark*) disekeliling daerah itu lengkap dengan koordinat elevasinya.

- Potongan memanjang sungai dengan potongan melintang setiap 50 m. Panjang potongan memanjang serta skala horisontalnya akan dibuat sama dengan untuk peta sungai diatas skala vertikalnya 1:200 atau 1:500, bergantung kepada kecuraman medan. Skala potongan melintangnya 1:200 horisontal dan 1:200 vertikal. Panjang potongan melintang adalah 50 m kemasing-masing sisi sungai. Elevasinya akan diukur pada jarak maksimum 25 m atau untuk beda tinggi 0,25 m mana saja yang bisa dicapai lebih cepat.
- Pengukuran detail lokasi bendung yang sebenarnya harus dilakukan, yang menghasilkan peta berskala 1: 200 atau 1: 500 untuk areal seluas kurang lebih 50 ha (1000 x 500 m²). Peta ini akan menunjukkan lokasi seluruh bagian bangunan utama termasuk lokasi kantong pasir dan tanggul penutup. Peta ini akan dilengkapi dengan titik rincik ketinggian dan garis-garis kontur setiap 0,25 m.

Persyaratan penggambaran detail topografi adalah sama dengan penggambaran untuk peta topografi umum seperti yang dirinci pada subbab 4.3.1.

Uraian yang lebih rinci diberikan pada bagian PT-02 Persyaratan Teknis untuk Pengukuran Topografi, KP – 07 Standar Penggambaran dan KP – 02 Bangunan Utama.

4.3.3 Pengukuran Trase Saluran

Setelah tata letak pendahuluan selesai (yang didasarkan dan digambarkan pada peta topografi umum) trase saluran akan diukur dan, dipetakan pada peta baru. Pengukuran ini merupakan dasar topografis untuk perencanaan potongan memanjang saluran.

Sebelum membuat konsep persyaratan (spesifikasi) pengukuran saluran, ahli irigasi akan melakukan pengecekan lapangan, didampingi oleh ahli geodetik dan ahli

geoteknik. Tujuan pengecekan lapangan ini adalah menentukan lokasi yang tepat untuk trase saluran dan bangunan-bangunan pelengkap.

Merancang persyaratan pengukuran akan menjadi tanggung jawab ahli irigasi lagi karena dia sudah terbiasa dengan kepekaan dalam perencanaan pendahuluan dan dialah yang tahu keadaan lapangan. Pengukuran trase saluran biasanya mencakup jaringan irigasi maupun pembuang.

Pengukuran trase saluran (pengukuran strip) akan sebanyak mungkin mengikuti trase saluran yang diusulkan pada tata letak pendahuluan. Pengukuran ini akan meliputi jarak 75 m dari as saluran, atau bisa kurang dari itu, menurut petunjuk ahli irigasi.

Pengukuran dan pemetaan ini meliputi pembuatan :

- Peta trase saluran dengan skala 1:2.000 dengan garis-garis kontur pada interval 0,5 m untuk daerah datar, dan 1,0 m untuk tanah berbukit bukit;
- Profit memanjang dengan skala horisontal 1:2.000 dan skala vertikal 1:200 (atau 1: 100 untuk saluran-saluran kecil);
- Potongan melintang pada skala horisontal dan vertikal 1: 200 atau 1 : 100 untuk saluran-saluran kecil pada interval 50 m pada ruas-ruas lurus dan 25 m pada tikungan.

4.3.4 Pengukuran Lokasi Bangunan

Untuk lokasi-lokasi bangunan besar, seperti bangunan pembuang silang, diperlukan peta lokasi detail. Skalanya adalah 1:100 dengan skala garis kontur 0,25 m.

4.4 Data Geologi Teknik

4.4.1 Tahap Studi

Pada tahap studi proyek data geologi teknik dikumpulkan untuk memperoleh petunjuk mengenai keadaan geologi teknik yang dijumpai di proyek. Sebelum dilakukan penyelidikan lokasi, semua informasi mengenai geologi permukaan dan

tanah di daerah proyek dan sekitarnya akan dikumpulkan. Banyak informasi berharga yang dapat diperoleh dari:

- Laporan-laporan dan peta-peta geologi daerah tersebut
- Hasil-hasil penyelidikan mekanika tanah untuk proyek-proyek didekatnya
- Foto-foto udara
- Peta-peta topografi. Termasuk foto-foto lama.

Khususnya dengan pengecekan foto udara yang diperkuat lagi dengan hasil-hasil pemeriksaan tanah, maka akan diperoleh gambaran daerah itu, misalnya :

- Perubahan kemiringan
- Daerah yang pembuangnya jelek
- Batu singkapan
- Bekas-bekas tanah longsor
- Sesar
- Perubahan tipe tanah
- Tanah tidak stabil
- Terdapatnya bangunan-bangunan buatan manusia
- Peninjauan lokasi akan lebih banyak memberikan informasi mengenai Pengolahan tanah dan vegetasi yang ada sekarang
- Tanah-tanah yang strukturnya sulit (gambut berplastisitas tinggi) dan lempung
- Bukti-bukti tentang terjadinya erosi dan parit
- Terdapatnya batu-batu bongkah di permukaan
- Klasifikasi tanah dengan jalan melakukan pemboran tanah dengan tangan

Untuk pembuatan tata letak dan perencanaan saluran, adalah penting untuk mengetahui hal-hal berikut:

- Batu singkapan
- Lempung tidak stabil berplastisitas tinggi
- Pasir dan kerikil
- Bahan-bahan galian yang cocok.

Dari hasil-hasil kunjungan pemeriksaan lokasi, diputuskanlah cocok tidaknya pembuatan saluran tanpa pasangan. Uji lapangan dari contoh-contoh pemboran dan sumuran uji akan dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat tanah.

Lokasi bangunan utama akan diperiksa untuk menilai:

- Morfologi dan stabilitas sungai
- Stabilitas dasar sungai untuk pondasi
- Keadaan dasar sungai untuk pondasi
- Keadaan pondasi untuk tanggul banjir bahan-bahan galian untuk tanggul
- Kecocokan batu sebagai bahan bangunan
- Pengukuran dasar sungai
- Terdapatnya batu singkapan.

Yang disebut terakhir ini tidak hanya terbatas sampai pada bangunan utama saja, tetapi harus dilakukan sampai hulu dan hilir dari lokasi ini.

Seluruh informasi akan dievaluasi dan dituangkan pada peta pendahuluan dengan skala 1:50.000, atau lebih besar lagi.

Aspek-aspek geologi teknik dalam tahap studi pengenalan ditangani oleh ahli irigasi yang berpengalaman. Hanya dalam pembuatan waduk atau bangunan-bangunan utama yang besar yang melibatkan keadaan-keadaan geologi teknik yang kompleks saja maka seorang ahli geologi diikut sertakan.

Ahli irigasi hendaknya cukup memiliki pengalaman yang memadai di bidang geologi dan mekanika tanah untuk tujuan-tujuan teknik. Konsultasi dengan seorang ahli geologi yang sudah berpengalaman sangat dianjurkan, terutama mengenai hal-hal yang berkaitan dengan keadaan-keadaan geologi. Perumusan detail penyelidikan geologi teknik akan didasarkan pada hasil-hasil studi pengenalan.

4.4.2 Penyelidikan Detail

Pada tahap ini lokasi pekerjaan yang direncanakan ditentukan oleh perencanaan pendahuluan. Perencanaan penyelidikan detail akan didasarkan pada peta geologi. Kadang-kadang informasi tambahan mengenai tanah sudah bisa dikumpulkan dari penelitian tanah pertanian. Pengamatan dari pengukuran topografi yang berkenaan dengan batu singkapan, tata guna tanah dan bentuk topografi yang tidak teratur (terjadinya parit-parit, longsor) akan lebih memperjelas gambaran geologi teknik.

Penyelidikan geologi teknik detail memungkinkan dilakukannya evaluasi karakteristik tanah dan batuan untuk parameter perencanaan bangunan seperti disajikan pada Tabel 4-5.

Tabel 4-5. Karakteristik Perencanaan Tanah/Batuan

Bangunan		Karakteristik Perencanaan Tanah/Batuan
a.	Bendung atau bendung gerak, bendung karet, bendung saringan bawah	Daya dukung penurunan kemantapan terhadap bahaya longsor kemantapan terhadap erosi bawah tanah/piping kelulusan daya tahan dasar terhadap erosi muka air tanah
b.	Bangunan di saluran	Daya dukung kelulusan kemantapan terhadap erosi bawah tanah
c.	Galian saluran/timbunan tanggul	Kemantapan lereng kelulusan permukaan saluran karakteristik pemadatan
d.	Tanggul banjir	Kemantapan lereng penurunan pemadatan

Parameter-parameter yang menentukan sifat-sifat tanah tersebut didapat dari hasil-hasil penyelidikan di lapangan dan di laboratorium. Pengetahuan tentang sifat-sifat diatas diperlukan dari lapisan permukaan sampai lapisan bawah hingga kedalaman tertentu, bergantung pada tipe bangunan.

Pada sumuran dan paritan uji, penyelidikan dapat dilakukan sampai pada kedalaman tertentu tergantung pada kondisi geologi. Untuk penyelidikan lapisan tanah bawah yang lebih dalam (lebih dari 5 m), akan diperlukan pemboran. Jumlah lubang bor

(jarak yang diperlukan) sangat bergantung pada keseragaman keadaan tanah dan batuan.

Penyelidikan geologi teknik detail pada trase saluran yang direncanakan akan terdiri dari sekurang-kurangnya satu titik (pemboran tanah atau pembuatan sumuran uji) per km jika kondisi tanah tidak teratur. Petunjuk indikasi kualitas dari sifat-sifat batuan dan tanah diperoleh dari bagan Klasifikasi Batuan dan Tanah. Cara ini akan cukup memadai untuk konstruksi saluran biasa (gali/timbunan sampai 5,0 m) dan untuk kondisi tanah pada umumnya. Untuk pembuatan bangunan-bangunan irigasi, khususnya bangunan utama di sungai, diperlukan pengetahuan yang mendetail mengenai parameter perencanaan geologi teknik demi tercapainya hasil perencanaan yang aman dan ekonomis.

Dalam Bagian PT-03 Persyaratan Teknis untuk Penyelidikan Geoteknik dibedakan penjelasan mendetail mengenai tata letak, ketentuan jarak dan kedalaman pemboran. Kiranya dapat dimaklumi bahwa hanya harga persyaratan-persyaratan minimum saja yang dapat dirinci. Bergantung kepada ketidakteraturan dan kompleksnya keadaan tanah, diperlukan lebih banyak penyelidikan detail. Hal ini hanya dapat diputuskan di lapangan oleh seorang ahli geologi teknik yang telah berpengetahuan banyak mengenai tujuan-tujuan teknis dari penyelidikan ini. Peranan/kehadiran ahli demikian ini sangat dibutuhkan selama penyelidikan berlangsung.

4.5 Bahan Bangunan

Bahan untuk bangunan-bangunan irigasi sebaiknya diusahakan dari sekitar tempat pelaksanaan. Ahli bangunan membutuhkan informasi tersedianya bahan-bahan berikut :

- Batu untuk pasangan, pasangan batu kosong dan batu keras untuk batu candi
- Pasir dan kerikil
- Bahan-bahan kedap air untuk tanggul banjir dan tanggul saluran
- Bahan filter.

Pemeriksaan peta-peta, data-data geologi teknik, hasil-hasil pengukuran tanah dan foto udara selama tahap studi akan memberikan informasi umum mengenai adanya bahan-bahan bangunan yang cocok. Penyelidikan mengenai bahan-bahan ini bersamaan waktu dengan dan merupakan bagian dari penyelidikan geologi teknik.

Selama pemeriksaan lokasi, khususnya pada lokasi bangunan utama, terdapatnya bahan pasangan batu dan pasangan batu kosong yang cocok akan diselidiki.

Batu kali (batu pejal dan keras), bila cocok dan tersedia dalam jumlah yang cukup, merupakan sumber umum bahan-bahan bangunan demikian. Apabila sumber ini tidak mencukupi atau letaknya terlalu jauh dari tempat pelaksanaan, maka akan diusahakan lokasi alternatif penggalian bahan. Untuk timbunan tanggul, biasanya bahannya digali dari daerah di dekatnya. Untuk tujuan ini klasifikasi umum mengenai sifat-sifat teknik tanah akan memberikan informasi yang cukup memadai pada tahap studi proyek.

Selama dilakukannya penyelidikan detail geologi teknik informasi tentang jumlah/kuantitas yang dibutuhkan dan letak konstruksi harus sudah tersedia. Apabila bahan timbunan untuk tanggul saluran yang diambil dari trase saluran ditolak, maka secara khusus akan dilakukan pencarian daerah penggalian yang lain. Usaha ini akan dipusatkan dalam radius 1 km dari tempat konstruksi. Penyelidikan ini dilakukan dengan menggunakan bor tanah dan sumuran uji.

Daerah galian sebaiknya diusahakan yang sifat tanahnya homogen. Volume galian yang ada harus paling tidak 1,5 kali volume timbunan yang diperlukan. Hasil pengamatan sifat-sifat tanah akan merupakan dasar perencanaan detail. Bahan timbunan yang dipakai untuk konstruksi harus paling tidak pas atau lebih baik dari sifat-sifat tanah ini.

Penyelidikan detail untuk pasangan batu pasangan batu kosong batu candi dan batu kerikil akan dipusatkan pada endapan di dasar sungai dan batu singkapan. Endapan sungai adalah yang paling umum diselidiki dan diketahui untuk mempelajari derajat kekerasan dan gradasinya. Apabila diperlukan penggalian dan dibutuhkan suatu

jumlah yang besar maka survei identifikasi dan klasifikasi batuan harus diadakan secara intensif. Yang penting adalah derajat kekerasan. Jumlah/kuantitas dan gradasi setelah penggalian.

4.6 Penyelidikan Model Hidrolis

Perencanaan hidrolis bangunan utama dan bangunan irigasi didasarkan pada rumus-rumus empiris. Untuk bangunan-bangunan di saluran dan tipe-tipe umum bangunan utama, perilaku hidrolis saluran sudah cukup banyak diketahui. Perencanaan detail dapat dengan aman didasarkan pada kriteria perencanaan seperti yang disajikan dalam Bagian KP - 02 Bangunan Utama dan KP - 04 Bangunan.

Apabila keadaan sungai ternyata lebih kompleks, maka dianjurkan untuk mengecek perilaku hidrolis bangunan dengan menggunakan model. Rencana pendahuluan bangunan yang akan diselidiki didasarkan pada KP - 02 Bangunan Utama. Buku ini juga menguraikan situasi dimana dianjurkan dilakukannya penyelidikan model hidrolis.

Ruang lingkup pekerjaan penyelidikan model biasanya juga meliputi tinjauan dan evaluasi data-data dasar yang dipakai untuk perencanaan pendahuluan (lihat Bagian PT-04, Persyaratan Teknis untuk Penyelidikan Model Hidrolis). Perencanaan pendahuluan itu sendiri juga dibicarakan dengan perencana.

Model hidrolis biasanya dibuat sampai skala 1 : 33,3 dengan dasar tetap di hulu dan dasar gerak di hilir bangunan utama. Akan tetapi, skala model bergantung kepada ukuran bangunan. Model pertama dipakai untuk mengecek kemiripan hidrolis antara model dan prototip tanpa adanya bangunan untuk tujuan ini grafik lengkung debit akan diverifikasi. Penyelidikan model berikutnya dengan menggunakan bangunan dimaksudkan untuk:

- Mengecek efisiensi dan berfungsinya perencanaan bangunan;
- Memperbaiki tata letak dan penampilan kerja (*performance*) hidrolis bangunan utama dan komponen-komponennya.

- Memodifikasi perencanaan pendahuluan, jika perlu.
- Penyelidikan model hidrolis akan menunjukkan:
- Pola aliran di sungai disebelah hulu dan hilir bangunan;
- Formasi dasar sungai dan angkutan sedimen di sungai dan kedalam
- Jaringan saluran;
- Penggerusan lokal di sungai disebelah hilir dan hulu bangunan utama.

Perlu dicatat bahwa sejauh berkenaan dengan angkutan sedimen, degradasi dan penggerusan lokal, hanya indikasi kualitatif dapat diperoleh dari penyelidikan model. Seorang ahli hidrolika (yang berpengalaman) yang bertanggung jawab melakukan penyelidikan model hidrolis akan dapat memberikan, rekomendasi yang jelas mengenai modifikasi perencanaan pendahulu. Penyelidikan terhadap hasil-hasil modifikasi ini biasanya akan merupakan bagian dari penyelidikan model hidrolis.

Laporan mengenai penyelidikan-penyelidikan itu yang dibuat oleh laboratorium hidrolika yang memuat uraian lengkap mengenai seluruh kegiatan penyelidikan, rekomendasi untuk modifikasi rencana dan penjelasan mengenai perilaku hidrolis bangunan yang diusulkan. Laporan tersebut disertai dengan catatan/rekaman foto dari hasil-hasil penyelidikan tersebut.

4.7 Tanah Pertanian

Penyelidikan tanah dalam tahap studi hanya akan meliputi kegiatan-kegiatan pemeriksaan lapangan dan penyelidikan di laboratorium. Lokasi akan dipilih berdasarkan peta-peta geologi dan peta-peta daerah yang sudah tersedia (seandainya ada). Densitas pengukuran pada tahap Studi Pengenalan adalah satu kali pengamatan per 200 ha sampai 500 ha.

Untuk kegiatan studi kelayakan dan perencanaan pendahuluan, penyelidikan tanah akan dilakukan setengah terinci. Karena pengaruhnya terhadap laju perembesan dan perkolasi, penentuan tekstur dan struktur tanah merupakan faktor kunci. Untuk ini diperlukan pemetaan. Kesuburan tanah merupakan hal yang vital untuk padi irigasi.

Peta-peta yang dibutuhkan untuk pengukuran ini adalah:

- Foto udara dengan skala 1:25.000 atau lebih untuk interpretasi foto dan pemetaan lapangan
- Peta-peta topografi dengan skala dan interval garis-garis tinggi yang sesuai dengan bentuk tanah.

Untuk pengukuran tanah semi detail yang diperlukan, dilakukan satu pengamatan tanah tiap 25 ha sampai 50 ha. Dari lapisan tanah atas setebal 1 m, perlu diketahui data-data berikut:

- Warna
- Tekstur
- Struktur
- Tingkat kelembaban
- Kemiringan tanah
- Tata guna tanah dan bentuk permukaan tanah
- Kedalaman muka air tanah yang kurang dari 2 m.

Sebanyak kurang lebih 10% dari seluruh lokasi yang diamati, digali paritan sedalam 1,5 m dan kondisi tanah dijelaskan secara terinci. Dari paritan-paritan tersebut diambil contoh tanah untuk diselidiki di laboratorium. Penyelidikan perkolasi dilakukan di lokasi paritan.

Peta tanah menunjukkan distribusi kelompok-kelompok tekstur tanah sebagai berikut :

- Tanah sangat ringan: pasir, pasir kerikilan, pasir geluhan
- Tanah ringan: geluh pasiran, geluh pasiran berat, geluh
- Tanah sedang: geluh, geluh berat, geluh lanau, geluh lempung pasiran, geluh lempung
- Tanah berat geluh lempung lanauan berat, lempung.

Klasifikasi kemampuan tanah dilakukan berdasarkan data-data tanah, kemiringan dan pembuang. Tanah bisa diklasifikasi menurut kelas-kelas kecocokan tanah FAO untuk

tanaman padi dan palawija (jagung, kacang tanah atau jenis lainnya yang lebih disukai di daerah yang bersangkutan). Kriteria standarnya dapat ditemukan di Balai Penelitian Tanah di Bogor. Bila ada keragu-raguan, sebaiknya mintalah nasihat dari seorang ahli tanah, dan hasil-hasil pengukuran dicek kembali dengan seksama.

Peta tanah dan kemampuan tanah yang dihasilkan akan memberikan keterangan kuantitatif mengenal kecocokan tanah untuk pola tanam. Keputusan mengenai daerah-daerah yang bisa diairi, pemilihan jenis tanaman, metode pengolahan tanaman, kebutuhan air tanaman, kesuburan tanah dan panen akan dibuat berdasarkan hasil-hasil penelitian tanah.

Biasanya penyelidikan tanah semi detail sudah cukup untuk menetapkan rencana pertanian akhir dan perencanaan akhir skema irigasi. Akan tetapi, jika kondisi tanah irigasi pertanian ternyata tidak teratur (daerah cocok dan tidak cocok berselang-seling), maka mungkin diperlukan penyelidikan tanah secara mendetail, dengan mengamati satu lokasi tiap 5 ha sampai 15 ha.

BAB V PEREKAYASAAN

5.1 Taraf-Taraf Perencanaan

Perekayasaan (*engineering design*) untuk persiapan proyek irigasi dibagi menjadi 3 taraf, yaitu:

- (1) Perencanaan garis besar dari Tahap Studi
- (2) Perencanaan pendahuluan dari Tahap Perencanaan atau Studi Kelayakan
- (3) Perencanaan akhir dari Tahap Perencanaan.

Perekayasaan yang dibicarakan dalam bab ini hanya berkenaan dengan perencanaan jaringan utama saja. Perencanaan petak tersier akan dilakukan kemudian, berdasarkan gambaran batas-batas tersier serta tinggi muka air rencana dari perencanaan jaringan utama.

Dalam subbab 5.1.1 sampai 5.1.3 akan dibicarakan ketiga tahap perekayasaan untuk jaringan utama yang telah disebutkan diatas.

Pasal-pasal berikut akan membicarakan perencanaan berbagai unsur jaringan irigasi. Pertimbangan-pertimbangan perencanaan yang umumnya berlaku untuk seluruh tahap perencanaan diketengahkan disini.

5.1.1 Perencanaan Garis Besar

Perencanaan garis besar atau perencanaan dasar bertujuan memberikan dasar atau garis besar pengembangan pembangunan multisektor dari segi teknis. Hasilnya adalah Rencana Induk Pengembangan Irigasi sebagai bagian Rencana Induk Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai yang merupakan bagian dari RTRW Wilayah. Perencanaan ini adalah hasil akhir Studi Pengenalan (jika tidak dilakukan Studi Kelayakan) dilanjutkan pada Perencanaan Pendahuluan dan pada umumnya didasarkan pada informasi topografi yang ada. Skala peta boleh dibuat 1:25.000 atau

lebih besar lagi. Tidak dilakukan pengukuran topografi untuk menunjang perencanaan garis besar ini. Yang dijadikan dasar adalah peta-peta yang sudah ada.

Perencanaan garis besar akan menghasilkan sketsa tata letak yang menggambarkan perkiraan batas-batas daerah irigasi dan rencana tata letak saluran. Informasi mengenai garis-garis kontur bisa memberikan petunjuk tentang kemiringan tanah di sepanjang trase saluran. Bangunan-bangunan utama sudah dapat ditunjukkan pada sketsa tata letak. Pembuatan pembuang silang akan mendapat perhatian khusus.

Dalam tahap studi diambil keputusan sementara mengenai tipe dan perkiraan lokasi bangunan-bangunan utama. Juga tipe saluran irigasi, saluran tanah atau pasangan, akan diputuskan sementara.

Tinjauan mengenai keadaan geologi dan tanah akan memberikan pengetahuan yang lebih mendalam mengenai keadaan-keadaan geologi teknik yang diharapkan. Terdapatnya batu dalam jumlah cukup akan memberi pertanda bahwa mungkin bisa direncanakan bangunan yang memakai bahan pasangan batu. Jika tidak, akan diperlukan konstruksi yang diperkuat dengan beton.

Persyaratan survei untuk pembuatan peta topografi ditentukan atas dasar sketsa tata letak.

5.1.2 Perencanaan Pendahuluan

Tujuan yang akan dicapai dalam tahap perencanaan pendahuluan adalah untuk menentukan lokasi dan ketinggian bangunan utama, saluran irigasi dan pembuang, bangunan serta daerah layanan pada taraf pendahuluan. Dari hasil perencanaan pendahuluan akan memungkinkan dirumuskannya secara tepat pengukuran dan penyelidikan detail yang diperlukan untuk perencanaan detail.

Perencanaan pendahuluan disajikan dalam bentuk laporan perencanaan pendahuluan dari tata letak yang sudah ditetapkan. Laporan tersebut berisi gambar-gambar perencanaan pendahuluan yang menunjukkan perkiraan dimensi bangunan-bangunan

irigasi dan tata letaknya. Laporan ini serupa/mirip dengan laporan perencanaan akhir dan menunjukkan dasar pembenaran rancangan irigasi pendahuluan serta menegaskan keandalan data-data yang dijadikan dasar. Uraian lengkap mengenai persyaratan perencanaan pendahuluan diberikan dalam Bagian PT - 01, Persyaratan Teknis untuk Perencanaan Jaringan Irigasi.

Walaupun tahap ini disebut "tahap perencanaan pendahuluan", namun harus dimengerti bahwa hasil-hasilnya harus diusahakan tepat dan sepraktis mungkin. Seluruh informasi yang ada harus diolah dengan cermat dan dipakai dengan sebaik-baiknya. Usaha yang sungguh-sungguh dalam taraf pendahuluan ini akan menghasilkan perencanaan akhir yang bagus, perencanaan pendahuluan yang jelek akan sulit diperbaiki dalam tahap perencanaan akhir.

Perencanaan pendahuluan dimulai dengan tinjauan mengenai kesimpulan yang dihasilkan oleh Tahap Studi dalam tinjauan ini informasi mengenai peta topografi dan kemampuan tanah digabungkan. Kesahihan kesimpulan-kesimpulan yang sudah ditarik sebelumnya akan diperiksa lagi.

Hal-hal yang harus diperhatikan antara lain ialah:

- konfigurasi/gambar tata letak dicek lagi dengan peta topografi yang baru;
- lokasi bangunan utama dengan memperhatikan tinggi pengambilan dan peta situasi yang diperlukan;
- tipe-tipe saluran irigasi, saluran tanah atau pasangan. dengan memperhatikan keadaan-keadaan tanah yang dijumpai;
- kecocokan daerah yang bersangkutan untuk irigasi pertanian; batas-batas administratif;
- konsultasi dengan lembaga pemerintahan desa dan petani disepanjang trase saluran dan batas-batas daerah irigasi;
- jaringan irigasi yang ada;
- perkampungan penduduk dan tanah-tanah lain yang tidak bisa diairi seperti yang ditunjukkan pada peta topografi;

- keadaan pembuang dan dibutuhkan/tidaknya pembuang silang
- perhitungan neraca air dengan data-data daerah irigasi dan kebutuhan air irigasi yang lebih tepat;
- pemilihan tipe-tipe bangunan dan bahan-bahan bangunan.

Pengecekan lapangan secara intensif diperlukan untuk membereskan hal-hal yang disebutkan diatas. Lokasi bangunan-bangunan penting dan trase saluran harus dikenali di lapangan. Pengecekan ini harus didasarkan pada hasil pengukuran trase elevasi saluran.

Hasil-hasil pengukuran ini akan dicek di lapangan oleh ahli irigasi didampingi oleh ahli geoteknik dan ahli topografi. Pengecekan ini bertujuan untuk memastikan ketelitian garis tinggi dan akan menghasilkan tata letak akhir (*definitif*) jaringan itu.

Perencanaan pendahuluan diselesaikan dengan rumusan-rumusan terinci mengenai pengukuran dan penyelidikan yang akan dilaksanakan untuk pekerjaan perencanaan akhir. Ini berkenaan dengan:

- Pengukuran trase saluran
- Pengukuran lokasi bangunan-bangunan khusus
- Penyelidikan geologi teknik untuk bangunan utama, bangunan dan saluran
- Penyelidikan model hidrolis

Perencanaan pendahuluan dibuat mengikuti suatu proses atau langkah-langkah urut yang akan diuraikan dalam pasal-pasal berikut. Akan tetapi, sama halnya dengan banyak kegiatan-kegiatan perencanaan yang lain, membuat perencanaan pendahuluan dalam irigasi merupakan suatu proses yang berulang-ulang. Hasil tiap langkah perencanaan harus dicek dengan asumsi-asumsi semula. Misalnya, mula-mula sudah dipikirkan untuk mengairi suatu daerah secara keseluruhan, tetapi terbentur oleh kenyataan bahwa hal ini memerlukan jaringan utama yang terlalu tinggi dan memerlukan biaya yang teramat tinggi pula akibatnya mungkin lebih baik untuk

menyisihkan saja daerah-daerah yang lebih tinggi dari jangkauan irigasi (dengan gravitasi) dan/atau memindahkan trase saluran.

Jika kita harus menentukan pilihan dari beberapa alternatif, maka alternatif-alternatif itu harus dicantumkan dalam laporan perencanaan pendahuluan.

Contoh yang sudah diberikan tadi sebenarnya umum dalam perencanaan irigasi dan menunjukkan hasil-hasil yang diperoleh menjadi tujuan tahap perencanaan pendahuluan. Perumusan dan penemuan cara untuk memecahkan suatu masalah dengan baik akan sangat bergantung pada pengalaman dan ketepatan penilaian dari ahli irigasi. Dalam keadaan tertentu penilaian bisa dianggap memadai; dalam keadaan lain mungkin masih harus dipikirkan cara pemecahan alternatif dan harus mempertimbangkan unsur-unsur lain sebelum bisa diputuskan dicapainya pemecahan-pemecahan "terbaik".

Agar dapat dicapai pemecahan yang "terbaik", ada satu hal yang harus selalu diingat, yaitu bahwa keputusan-keputusan yang besar/penting harus didahulukan, baru kemudian diambil keputusan-keputusan kecil berikutnya. Itulah sebabnya maka dalam membuat perencanaan pendahuluan, Perencana tidak boleh terjebak dalam hal-hal teknis yang kurang penting. Pemecahan terhadap masalah ini hendaknya ditunda dahulu. Pertama-tama seluruh gambaran perencanaan jaringan utama dengan lokasi dan perkiraan elevasi pengambilan pada bangunan utama harus ditentukan.

5.1.3 Perencanaan Akhir

Pembuatan rencana akhir merupakan taraf akhir dalam perekayasaan teknik sipil jaringan irigasi. Pada tahap ini gambar-gambar tata letak, saluran dan bangunan akan dibuat menjadi detail yang sudah jadi atau detail akhir.

Pada permulaan tahap perencanaan akhir, hasil-hasil pengukuran dan penyelidikan terdahulu akan ditinjau kembali (lihat subbab 4.3.3). Perencanaan pendahuluan akan dicek dengan hasil-hasil pengukuran trase saluran. As dan tinggi muka air saluran

akan dipastikan. Apabila peta garis tinggi tidak terlalu banyak menyimpang dari hasil-hasil pengukuran saluran, maka hanya diperlukan penyesuaian-penyesuaian kecil terhadap tata letak dan trase saluran.

Sebelum selesainya peta tata letak, ahli irigasi akan memeriksa semua trase saluran, lokasi bangunan utama dan bangunan-bangunan besar di lapangan. Seluruh keadaan fisik harus diketahuinya.

Jika tata letak dan ketinggian sudah jadi/final, maka perhitungan perencanaan detail saluran dan bangunan akan segera diselesaikan bersama-sama dengan semua pekerjaan gambar yang berhubungan.

Perencanaan detail bangunan utama akan dilakukan segera sesudah tinggi pengambilan dan debit rencana akan ditentukan. Hasil-hasil penyelidikan geologi teknik dan penyelidikan dengan model akan mendukung perencanaan bangunan utama.

Hasil perencanaan akhir akan disajikan sebagai laporan perencanaan sesuai dengan tata letak dan ukuran-ukuran standar yang telah ditentukan. Laporan tersebut berisi perencanaan akhir yang dituangkan dalam bentuk gambar-gambar tata letak, saluran dan bangunan yang dibuat secara detail. Laporan ini mencakup hal-hal sebagai berikut.

- Uraian Mengenai Tata Letak Usulan
- Dasar Pembetulan Hasil Perencanaan yang Diusulkan*)
- Dasar Pembetulan Banjir Rencana dan Debit Rencana yang Dipakai*)
- Basis Data dan Hasil-Hasil Pengukuran dan Penyelidikan
- Kebutuhan Pembebasan Tanah
- Rincian Rencana Anggaran (*Bill of Quantities*) serta Perkiraan Biaya

*)termasuk pertimbangan-pertimbangan alternatif (jika ada)

- Metode-Metode Pelaksanaan untuk Bangunan-Bangunan Khusus
- Dokumen Tender.

Terlepas dari dasar pembenaran perencanaan, laporan perencanaan itu harus memuat informasi yang digunakan untuk perancangan pekerjaan-pekerjaan konstruksi, termasuk rintangan-rintangan dalam pelaksanaan, persyaratan dan hambatan-hambatan eksploitasi jaringan irigasi tersebut.

5.2 Penghitungan Neraca Air

Penghitungan neraca air dilakukan untuk mengecek apakah air yang tersedia cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan air irigasi di proyek yang bersangkutan. Perhitungan didasarkan pada periode mingguan atau tengah bulanan.

Dibedakan adanya tiga unsur pokok :

- Tersedianya Air,
- Kebutuhan Air dan
- Neraca Air.

Perhitungan pendahuluan neraca air dibuat pada tahap studi proyek. Pada taraf perencanaan pendahuluan ahli irigasi akan meninjau dasar-dasar perhitungan ini. Jika dipandang perlu akan diputuskan mengenai pengumpulan data-data tambahan, inspeksi dan uji lapangan. Ahli irigasi harus yakin akan keandalan data-data tersebut.

Perhitungan neraca air akan sampai pada kesimpulan mengenai :

- Pola tanam akhir yang akan dipakai untuk jaringan irigasi yang sedang direncanakan dan
- Penggambaran akhir daerah proyek irigasi.

Tabel 5-1. menyajikan berbagai unsur penghitungan neraca air yang akan dibicarakan secara singkat dibawah ini :

Tabel 5-1. Perhitungan Neraca Air

Bidang	Parameter	Referensi	Neraca air	Kesimpulan
Hidrologi	Debit andalan	Subbab 4.2.5	Debit minimum mingguan atau per setengah bulan periode 5 tahun kering pada bangunan utama Kebutuhan bersih irigasi dalam 1/dt.ha di sawah Daerah yang berpotensi untuk diairi	<ul style="list-style-type: none"> - Jatah debit/kebutuhan - Luas daerah irigasi - Pola tanam - Pengaturan rotasi
Meteorologi	Evapotranspirasi curah hujan efektif	Bab IV dan Lampiran 2		
Tanah Agronomi	Pola tanah koefisien tanaman	Lampiran 2		
	Perkolasi kebutuhan penyimpanan lahan			
Jaringan irigasi	Efisiensi irigasi rotasi	Lampiran 2		
Topografi	Daerah layanan			

5.2.1 Tersedianya Air

Analisis debit sungai dan penentuan debit andalan dibicarakan dalam subbab 4.2. Debit andalan didefinisikan sebagai debit minimum rata-rata mingguan atau tengah-bulanan. Debit minimum rata-rata mingguan atau tengah-bulanan ini didasarkan pada debit mingguan atau tengah bulanan rata-rata untuk kemungkinan tidak terpenuhi 20%. Debit andalan yang dihitung dengan cara ini tidak sepenuhnya dapat dipakai untuk irigasi karena aliran sungai yang dielakkan mungkin bervariasi sekitar harga rata-rata mingguan atau tengah-bulanan; dengan debit puncak kecil mengalir di atas bendung. Sebagai harga praktis dapat diandaikan kehilangan 10%. Hasil analisis variasi dalam jangka waktu mingguan atau tengah bulanan dan pengaruhnya terhadap pengambilan yang direncanakan akan memberikan angka yang lebih tepat.

Untuk proyek-proyek irigasi yang besar dimana selalu tersedia data-data debit harian, harus dipertimbangkan studi simulasi.

Pengamatan di bagian hilir dapat lebih membantu memastikan debit minimum hilir yang harus dijaga. Para pengguna air irigasi di daerah hilir harus sudah diketahui pada tahap studi. Hal ini akan dicek lagi pada tahap perencanaan. Kebutuhan mereka akan air irigasi akan disesuaikan dengan perhitungandebit dan waktu. Juga di daerah irigasi air mungkin saja dipakai untuk keperluan selain irigasi.

5.2.2 Kebutuhan Air

Disini dibedakan tiga bidang utama seperti yang dirinci pada Tabel 5-1, bidang-bidang yang dimaksud adalah:

- Meteorologi
- Agronomi dan tanah serta
- Jaringan irigasi

Dalam memperhitungkan kebutuhan air harus dipertimbangkan kebutuhan untuk domestik dan industri.

Ada berbagai unsur yang akan dibicarakan secara singkat dibawah ini. Lampiran 2 menyajikan uraian yang lebih terinci dengan contoh-contoh.

a. Evaporasi

Subbab 4.2 menguraikan cara penentuan evaporasi dan merinci data-data yang dibutuhkan.

b. Curah hujan efektif

Untuk irigasi tanaman padi, curah hujan efektif tengah-bulanan diambil 70% dari curah hujan rata-rata mingguan atau tengah-bulanan dengan kemungkinan tidak terpenuhi 20% (selanjutnya lihat subbab 4.2).

Untuk proyek-proyek irigasi besar dimana tersedia data-data curah hujan harian, hendaknya dipertimbangkan studi simulasi. Hal ini akan mengarah pada diperolehnya kriteria yang lebih mendetail.

c. Pola tanam

Pola tanam seperti yang diusulkan dalam Tahap Studi akan ditinjau dengan memperhatikan kemampuan tanah menurut hasil-hasil survei. Jika perlu akan diadakan penyesuaian-penyesuaian.

d. Koefisien tanaman

Koefisien tanaman diberikan untuk menghubungkan evapotranspirasi (ET_o) dengan evapotranspirasi tanaman acuan (ET_{tanaman}) dan dipakai dalam rumus *Penman*. Koefisien yang dipakai harus didasarkan pada pengalaman yang terus menerus proyek irigasi di daerah itu. Dalam Lampiran 2 diberikan harga-harga yang dianjurkan pemakaiannya.

e. Perkolasi dan rembesan

Laju perkolasi sangat tergantung pada sifat-sifat tanah. Data-data mengenai perkolasi akan diperoleh dari penelitian kemampuan tanah. Tes kelulusan tanah akan merupakan bagian dari penyelidikan ini.

Apabila padi sudah ditanam di daerah proyek, maka pengukuran laju perkolasi dapat dilakukan langsung di sawah. Laju perkolasi normal pada tanah lempung sesudah dilakukan penggenangan berkisar antara 1 mm/hr sampai 3 mm/hr. Di daerah-daerah miring perembesan dari sawah ke sawah dapat mengakibatkan banyak kehilangan air. Di daerah-daerah dengan kemiringan diatas 5%, paling tidak akan terjadi kehilangan 5 mm/hari akibat perkolasi dan rembesan.

f. Penyiapan lahan

Untuk petak tersier, jangka waktu yang dianjurkan untuk penyiapan lahan adalah 1,5 bulan. Bila penyiapan lahan terutama dilakukan dengan peralatan mesin, jangka waktu satu bulan dapat dipertimbangkan.

Kebutuhan air untuk pengolahan lahan sawah (*puddling*) bisa diambil 200 mm. Ini meliputi penjenuhan (*presaturation*) dan penggenangan sawah; pada awal transplantasi akan ditambahkan lapisan air 50 mm lagi.

Angka 200 mm diatas mengandaikan bahwa tanah itu "bertekstur berat, cocok digenangi dan bahwa lahan itu belum berair (tidak ditanami) selama lebih dari 2,5 bulan. Jika tanah itu dibiarkan berair lebih lama lagi, ambillah 250 mm sebagai kebutuhan air untuk penyiapan lahan. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan termasuk kebutuhan air untuk persemaian.

g. Efisiensi Irigasi

h. Rotasi/Golongan

5.2.3 Neraca Air

Dalam perhitungan neraca air, kebutuhan pengambilan yang dihasilkannya untuk pola tanam yang dipakai akan dibandingkan dengan. debit andalan untuk tiap setengah bulan dan luas daerah yang bisa diairi. Apabila debit sungai melimpah, maka luas daerah proyek irigasi adalah tetap karena luas maksimum daerah layanan (*command area*) dan proyek akan direncanakan sesuai dengan pola tanam yang dipakai. Bila debit sungai tidak berlimpah dan kadang-kadang terjadi kekurangan debit maka ada 3 pilihan yang bisa dipertimbangkan:

- luas daerah irigasi dikurangi:

bagian-bagian tertentu dari daerah yang bisa diairi (luas maksimum daerah layanan) tidak akan diairi

- melakukan modifikasi dalam pola tanam:

dapat diadakan perubahan dalam pemilihan tanaman atau tanggal tanam untuk mengurangi kebutuhan air irigasi di sawah (l/dt/ha) agar ada kemungkinan untuk mengairi areal yang lebih luas dengan debit yang tersedia.

- rotasi teknis golongan:

untuk mengurangi kebutuhan puncak air irigasi. Rotasi teknis atau golongan mengakibatkan eksploitasi yang lebih kompleks dan dianjurkan hanya untuk proyek irigasi yang luasnya sekitar 10.000 ha atau lebih. Untuk penjelasan lebih lanjut, lihat Lampiran 2

Kebutuhan air yang dihitung untuk minum, budidaya ikan, industri akan meliputi kebutuhan-kebutuhan air untuk minum, budidaya ikan, keperluan rumah tangga, pertanian dan industri.

5.3 Tata Letak

5.3.1 Taraf Perencanaan Pendahuluan

Tata letak pendahuluan menunjukkan:

- Lokasi bangunan utama
- Trase jaringan irigasi dan pembuang
- Batas-batas dan perkiraan luas (dalam ha) jaringan irigasi dengan petak-petak primer, sekunder dan tersier serta daerah-daerah yang tidak bisa diairi.
- Bangunan-bangunan utama jaringan irigasi dan pembuang lengkap dengan fungsi dan tipenya.
- Konstruksi lindungan terhadap banjir, dan tanggul
- Jaringan jalan dengan bangunan-bangunannya

Untuk pembuatan tata letak pendahuluan akan digunakan peta topografi dengan skala 1:25.000 dan 1:5.000. Peta dengan skala ini cukup untuk memperlihatkan keadaan-keadaan medan agar dapat ditarik interpretasi yang tepat mengenai sifat-sifat utama medan tersebut. Garis-garis kontur harus ditunjukkan dalam peta ini dengan interval 0,50 m untuk daerah-daerah datar dan 1,00 m untuk daerah-daerah dengan kemiringan medan lebih dari 2%.

Peta topografi merupakan dasar untuk memeriksa, menambah dan memperbesar detail-detail topografi yang relevan seperti:

- Sungai-sungai dan jaringan pembuang alamiah dengan identifikasi batas-batas daerah aliran sungai; aspek ini tidak hanya terbatas sampai pada daerah irigasi saja, tetapi sampai pada daerah aliran sungai seluruhnya (akan digunakan peta dengan skala yang lebih kecil);
- Identifikasi punggung medan (berikutnya dengan hal diatas) dan kemiringan medan utama di daerah irigasi;
- Batas-batas administratif desa, kecamatan, kabupaten dan sebagainya batas-batas desa akan sangat penting artinya untuk penentuan batas-batas petak tersier; batas-batas kecamatan dan kabupaten penting untuk menentukan letak administratif proyek dan pengaturan kelembagaan nantinya;
- Daerah pedesaan dan daerah-daerah yang dicadangkan untuk perluasan desa serta kebutuhan air di pedesaan;
- Tata guna tanah yang sudah ada serta tanah-tanah yang tidak bisa diolah, juga diidentifikasi pada peta kemampuan tanah;
- Jaringan irigasi yang ada dengan trase saluran; bangunan-bangunan tetap dan daerah-daerah layanan;
- Jaringan jalan dengan klasifikasinya, termasuk lebar, bahan perkerasan, ketinggian dan bangunan-bangunan tetapnya;
- Trase, jalan kereta api, ketinggian dan bangunan-bangunan tetapnya; lokasi kuburan, akan dihindari dalam perencanaan trase; daerah-daerah yang dipakai untuk industri dan bangunan-bangunan tetap/permanen;
- Daerah-daerah hutan dan perhutanan yang tidak akan dicakup dalam proyek irigasi;

- Daerah-daerah persawahan, daerah tinggi dan rawa-rawa; tambak ikan dan tambak garam.

Keadaan utama fisik medan seperti sungai, anak sungai dan pola-pola pembuang alamiah harus dianggap sebagai batas proyek irigasi atau batas dari sebagian proyek itu. Langkah pertama dalam perencanaan tata letak adalah penentuan petak-petak sekunder. Saluran sekunder direncana pada punggung medan (*ridge*) atau, jika tidak terdapat punggung medan yang jelas, kurang lebih diantara saluran-saluran pembuang yang berbatasan. Jalan-jalan besar kereta api atau jalan-jalan raya boleh dianggap sebagai batas-batas petak tersier.

Segera setelah batas-batas petak sekunder itu ditetapkan, diadakanlah pembagian petak-petak tersier pendahuluan. Kriteria mengenai ukuran dan bentuk petak-petak tersier, seperti yang disinggung dalam Bab 2, hendaknya diikuti sebanyak mungkin dengan tetap memperhitungkan keadaan-keadaan khusus topografi di masing-masing petak sekunder. Luas total daerah irigasi akan diplanimetri berdasarkan definisi daerah yang diberikan dalam Bab 2. Luas bersih daerah irigasi akan diambil 90% dari daerah irigasi total.

Berdasarkan pada peta tata letak, lokasi dan tipe-tipe bangunan akan dipastikan. Bangunan-bangunan lindung seperti pelimpah dan pembuang silang harus mendapat perhatian khusus. Bangunan-bangunan dan pemakaiannya didaftar dalam Bab 2 dan uraiannya diberikan didalam Bagian KP - 04 Bangunan.

Tata letak pendahuluan yang dibuat seperti diterangkan diatas akan berfungsi sebagai dasar untuk perencanaan pendahuluan saluran. Penyesuaian tata letak sering diperlukan untuk mendapatkan hasil perencanaan saluran yang lebih baik (lebih ekonomis). Sebelum diperoleh tata letak pendahuluan yang terbaik, akan ditinjau tata letak alternatif.

Trase saluran yang ditunjukkan pada tata letak ini akan diukur dan diberi patok di lapangan. Ini menghasilkan trase dan potongan melintang dengan elevasi-elevasinya,

yang selanjutnya akan digunakan untuk mengecek keadaan trase fisik di lapangan (ahli irigasi bersama-sama dengan ahli geodesi dan ahli geoteknik) dan untuk memantapkan ketelitian peta topografi dasar. Jika semua sudah selesai, dapat disiapkan tata letak akhir.

5.3.2 Taraf Perencanaan Akhir

Dalam perencanaan akhir tata letak pendahuluan akan ditinjau berdasarkan data-data baru topografi dan geologi teknik dari hasil pengukuran trase saluran. Perlu tidaknya diadakan modifikasi akan tergantung pada perbedaan-perbedaan yang ditemukan antara peta trase saluran dan peta topografi, yang akan dicetak di lapangan (lihat subbab 4.3.3).

Angka-angka akhir dan peta tata letak akhir untuk daerah irigasi lalu ditetapkan dan kebutuhan pengambilan juga ditentukan. Lokasi dan ketinggian akhir pengambilan di bangunan utama akan diputuskan bersama-sama dalam perencanaan bangunan utama.

5.4 Perencanaan Saluran

5.4.1 Perencanaan Pendahuluan

Rencana pendahuluan untuk saluran irigasi menunjukkan:

- Trase pada peta tata letak pendahuluan
- Ketinggian tanah pada trase
- Lokasi bangunan sadap tersier dan sekunder dengan tinggi air yang dibutuhkan disebelah hilir bangunan sadap
- Bangunan-bangunan yang akan dibangun dengan perkiraan kehilangan tinggi energi.
- Luas daerah layanan pada bangunan sadap dan debit yang diperlukan debit rencana dan kapasitas saluran untuk berbagai ruas saluran perkiraan kerniringan dasar dan potongan melintang untuk berbagai ruas
- Ruas-ruas saluran dan bangunan-bangunan permanen yang ada.

Rencana potongan memanjang pendahuluan dibuat dengan skala peta topografi 1:25.000 dan 1:5.000. Rencana tata letak dan potongan memanjang pendahuluan dibuat dengan skala yang sama. Kemiringan medan utama akan memperlihatkan keseluruhan gambar dengan jelas.

a. Ketinggian yang Diperlukan

Dalam menentukan elevasi muka air saluran diatas ketinggian tanah, hal-hal berikut harus dipertimbangkan.

- Untuk menghemat biaya pemeliharaan, muka air rencana di saluran harus sama atau dibawah ketinggian tanah, hal ini sekaligus untuk lebih mempersulit pencurian air atau penyadapan liar.
- Agar biaya pelaksanaan tetap minimal, galian dan timbunan ruas saluran harus tetap seimbang.
- Muka air harus cukup tinggi agar dapat mengairi sawah-sawah yang letaknya paling tinggi di petak tersier.

Tinggi bangunan sadap tersier di saluran primer atau sekunder dihitung dengan rumus berikut (lihat Gambar 5-1.)

$$P = A + a + b + c + d + e + f + g + Dh + Z$$

dimana :

P = muka air di saluran primer atau sekunder

D = elevasi di sawah

a = lapisan air di sawah, ≈ 10 cm

b = kehilangan tinggi energi di saluran kuarter kesawah ≈ 5 cm

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

d = kehilangan tinggi energi selama pengaliran di saluran irigasi = kemiringan kali panjang atau $I \times L$ (disaluran tersier; lihat Gambar 5-1.)

e = kehilangan tinggi energi di boks bagi, ≈ 5 cm/boks

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

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.

Berdasarkan pemikiran diatas maka elevasi muka air direncanakan pada Q yang mempunyai frekuensi kejadian paling sering selama setahun tetapi tidak terlalu jauh dari Q maks sehingga perbedaan variasi ketinggian yang dibutuhkan antara Q maks dengan Q terpakai tidak terlalu tinggi. Angka yang cukup memadai adalah penggunaan Q 85% dengan ketinggian $0,90 H$.

Elevasi sawah A adalah elevasi sawah yang menentukan (*decisive*) di petak tersier yang mengakibatkan diperlukannya muka air tertinggi di saluran sekunder. Seandainya diambil permukaan yang tertinggi di petak tersier, ini akan menghasilkan harga P yang berada jauh diatas muka tanah di saluran sekunder dan menyimpang jauh dari tinggi muka air yang diperlukan untuk bangunan-bangunan sadap yang lain. Dalam kasus-kasus seperti itu, akan lebih menguntungkan untuk tidak memberi jatah air irigasi kepada daerah kecil itu.

Apabila saluran sekunder menerobos tanah perbukitan (tanah tinggi lokal) mungkin lebih baik tidak mengairi daerah itu. Dalam Gambar 5-2 kedua hal tersebut diilustrasikan sebagai a dan b.

Untuk eksploitasi jaringan irigasi, akan lebih menguntungkan untuk menempatkan sekaligus dua atau lebih bangunan sadap tersier. Sebuah bangunan pengatur muka air akan dapat langsung mengontrol lebih banyak bangunan sadap yang bisa direncanakan pada satu bangunan dan pekerjaan tender pintu akan dapat dipusatkan di beberapa lokasi saja.

Akan tetapi hanya dalam hal-hal tertentu saja hal ini dapat dilakukan. Gambar 5-2 menunjukkan beberapa pilihan tata letak dalam keadaan seperti itu. Untuk saluran-saluran punggung (*ridge canal*) dengan kemiringan besar, cara pemecahan (c) pada Gambar 5-2 adalah yang terbaik dilihat dari segi tata letak.

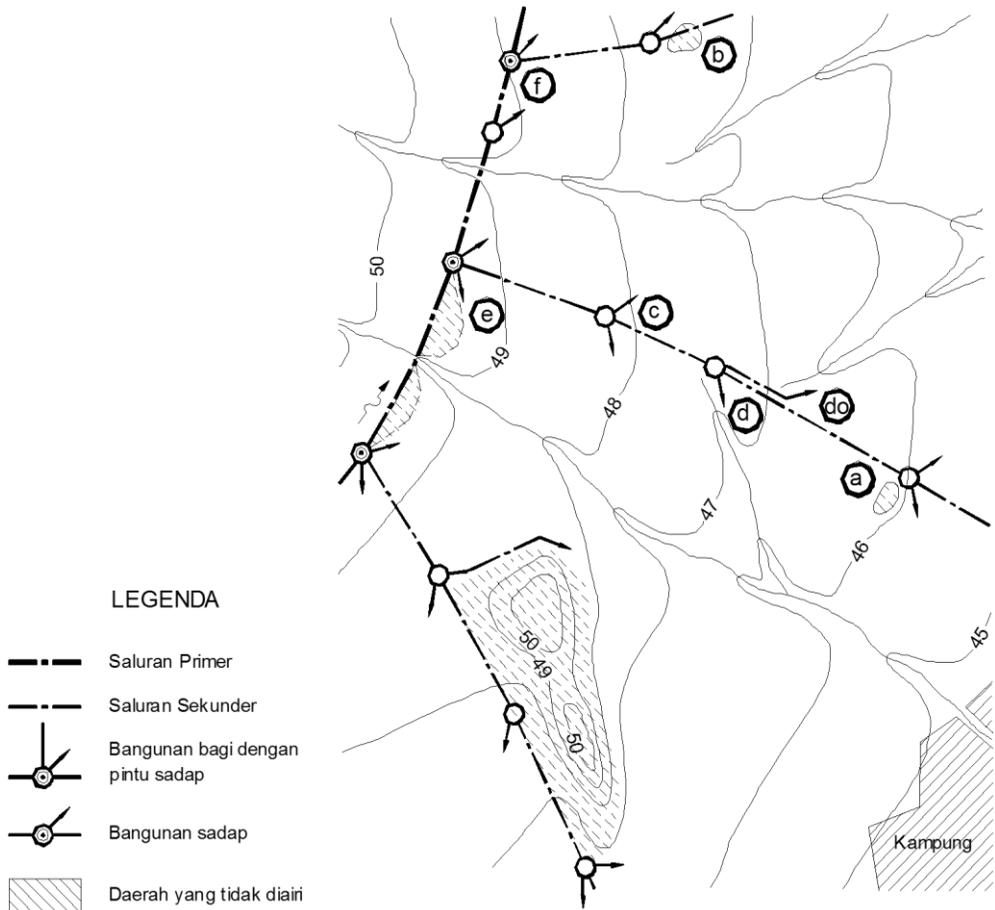
Namun demikian hal ini tidak selalu mungkin, misalnya penggabungan bangunan-bangunan sadap tersier dalam cara pemecahan (d) menyebabkan komplikasi (kerumitan). Petak tersier sebelah kiri terletak disebelah hilir saluran pembuang setempat. Hal ini bisa menyebabkan terjadinya penyadapan air irigasi tanpa izin. Cara mengatasi hal ini adalah membuat dua bangunan sadap tersier pada (d) dan (do).

Pada cara pemecahan (e) ditunjukkan cara pemecahan lain dengan “irigasi aliran melingkar” (*counter flow irrigation*), disebelah hulu petak tersier. Lebar bidang tanah ini bisa menjadi puluhan meter dan bisa menyebabkan kehilangan tanah irigasi yang tidak dapat diterima. Cara pemecahan saluran tersier mengalir ke arah yang berlawanan (hulu) saluran utama dan ada sebidang tanah yang tidak diairi memberikan alternatif dengan bangunan sadap hulu berada di luar kontrol bangunan pengatur muka air. Cara pemecahan (e) dan (f) adalah cara yang dianjurkan.

b. Trase

- Perencanaan trase hendaknya secara planimetris mengacu kepada :
- Garis-garis lurus sejauh mungkin, yang dihubungkan oleh lengkung-lengkung bulat
- Tinggi muka air yang mendekati tinggi medan atau sedikit diatas tinggi medan guna mengairi sawah-sawah disebelahnya

- Tinggi muka air tanah mendekati tinggi muka air rencana atau sedikit lebih rendah
- Perencanaan potongan yang berimbang dengan jumlah bahan galian sama atau lebih banyak dari jumlah bahan timbunan.



Gambar 5-2. Situasi Bangunan-Bangunan Sadap Tersier

Dalam jaringan irigasi trase saluran primer pada umumnya kurang lebih paralel dengan garis-garis tinggi (saluran garis tinggi) dengan saluran-saluran sekundernya di sepanjang punggung medan. Oleh sebab itu perencanaan trase saluran sekunder dengan kemiringan tanah sedang merupakan prosedur langsung. Penentuan trase

saluran primer lebih kompleks karena parameter-parameter seperti kemiringan dasar, bangunan-bangunan silang dan ketinggian pada pengambilan yang dipilih di sungai harus dievaluasi.

Untuk penentuan trase saluran primer, ada dua keadaan yang mungkin terjadi, yakni :

- a. Debit yang tersedia untuk irigasi berlimpah dibandingkan dengan tanah irigasi yang ada;
- b. Air irigasi terbatas akibat tanah yang dapat diairi diambil maksimum.

Pada a, setelah perkiraan lokasi dan tinggi pengambilan diketahui, maka luas daerah irigasi bergantung kepada kemiringan dasar saluran primer yang dipilih dan kehilangan tinggi energi yang diperlukan di bangunan-bangunannya. Kehilangan tinggi energi di saluran primer akan dipertahankan sampai tingkat minimum sejauh hal ini dapat dibenarkan dari segi teknis (sedimentasi) dan ekonomis (ukuran saluran dan bangunan yang besar). Berbagai trase alternatif yang baik dari segi teknis harus pula diperhitungkan segi ekonomisnya agar bisa dicapai pemecahan yang terbaik.

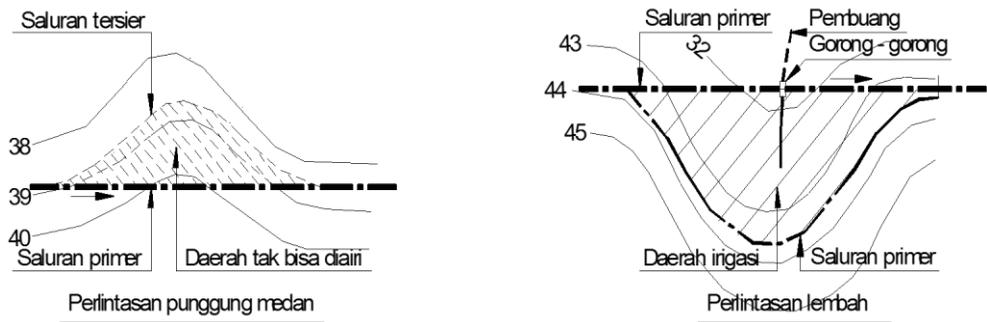
Pada b, dengan luas daerah irigasi yang tetap, perencanaan saluran primer tidak begitu menentukan. dan kehilangan tinggi energi tidak harus dibuat minimum. Tinggi muka air dan trase yang dipilih untuk saluran primer harus memadai untuk bisa mencukupi kebutuhan air maksimum di daerah yang bisa diairi. Biaya pelaksanaan saluran bisa diusahakan lebih rendah karena saluran dan bangunan dapat dibuat dengan ukuran yang lebih kecil. Untuk menentukan secara tepat as saluran primer garis tinggi utama, pada umumnya ada dua pilihan;

- (a) saluran primer timbunan/urugan dengan tinggi muka air diatas muka tanah pada as;
- (b) saluran primer galian dengan tinggi muka air kurang lebih sama dengan muka tanah.

Keuntungan dari cara pemecahan (a) ialah bahwa semua tanah disebelahnya dapat diairi dari saluran primer. Tetapi biaya pembuatan saluran akan lebih mahal. Dalam cara pemecahan (b) biaya akan lebih murah dan cara ini lebih menarik jika tanah yang harus diairi luas sekali sedangkan air irigasi yang tersedia sangat terbatas. Tanah-tanah yang tidak bisa diairi, seperti jalur-jalur di sepanjang saluran dapat dicadangkan untuk tempat-tempat pemukiman. Pada waktu merencanakan proyek irigasi dengan pemukiman (trans) migrasi hal ini harus diingat.

Trase sedapat mungkin harus merupakan garis-garis lurus. Sambungan antara ruas-ruas lurus berbentuk kurve bulat dengan jari-jari yang makin membesar dengan bertambahnya ukuran saluran. Untuk saluran-saluran garis tinggi yang besar, khususnya yang terletak di suatu medan yang garis-garis tingginya tidak teratur, trase saluran tidak bisa dengan tepat mengikuti garis-garis tersebut dan akan diperlukan pintasan (*short cut*) melalui galian atau timbunan; lihat Gambar 5-3. Hal-hal berikut layak dipertimbangkan.

- jari-jari minimum saluran adalah 8 kali lebar muka air rencana, dan dengan demikian bergantung pada debit rencana;
- pintasan mengurangi panjang total tetapi dapat memperbesar biaya pembuatan per satuan panjang;
- karena pintasan berarti mengurangi panjang total, hal ini juga berarti mengurangi besarnya kehilangan;
- pintasan menyebabkan irigasi dan pembuatan di ruas sebelumnya lebih rumit dan lebih mahal; lihat Gambar 5-3.



Gambar 5-3. Trase Saluran Primer pada Medan yang Tidak Teratur

c. Potongan Memanjang

Kemiringan memanjang ditentukan oleh garis-garis tinggi dan lereng saluran akan sebanyak mungkin mengikuti garis ketinggian tanah. Akan tetapi disini keadaan tanah dasar (*subsoil*) dan sedimen yang terkandung dalam air irigasi akan merupakan hambatan. Bahaya erosi pada saluran tanah akan membatasi kemiringan maksimum dasar saluran, di lain pihak sedimentasi akan membatasi kemiringan minimum dasar saluran. Jika kemiringan maksimum yang diizinkan lebih landai daripada kemiringan medan, maka diperlukan bangunan terjun. Apabila kemiringan tanah lebih landai, daripada kemiringan minimum, maka kemiringan dasar saluran akan sama dengan kemiringan tanah. Ini menyebabkan sedimentasi; konstruksi sebaiknya dihindari.

Kemiringan maksimum dasar saluran tanah ditentukan dari kecepatan rata-rata alirannya. Kecepatan maksimum aliran yang diizinkan akan ditentukan sesuai dengan karakteristik tanah.

Bahaya terjadinya sedimentasi diperkecil dengan jalan mempertahankan atau menambah sedikit kapasitas angkutan sedimen, relatif ke arah hilir. $V\sqrt{R}$ dari profil saluran adalah kapasitas angkutan sedimen relatif. Kriteria ini dimaksudkan agar tidak ada sedimen yang mengendap di saluran. Sesuai konsep saluran stabil akibatnya

sedimen diendapkan di sawah petani yang mengakibatkan elevasi sawah makin lama makin tinggi.

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 5-4. 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 dibedakan langkah-langkah berikut:

1. Untuk tiap ruas saluran tentukan debit rencana dan kemiringan yang terbaik berdasarkan kemiringan medan yang ada dan ketinggian bangunan sadap tersier yang diperlukan.
2. Untuk masing-masing saluran berikutnya, mulai dari bangunan utama hingga ujung saluran sekunder, plot data $Q-I$ setiap ruas saluran (dari Gambar 5-4.)
3. Untuk tiap ruas saluran tentukan besarnya kecepatan yang diizinkan sesuai dengan kondisi tanah
4. Cek apakah garis $I\sqrt{R}$ makin besar dengan berkurangnya Q_d (ke arah hilir)
5. Cek apakah kecepatan rencana tidak melebihi kecepatan yang diizinkan
6. Jika pada langkah 4 dan 5 tidak ditemui kesulitan, maka perencanaan saluran akan diselesaikan dengan 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.

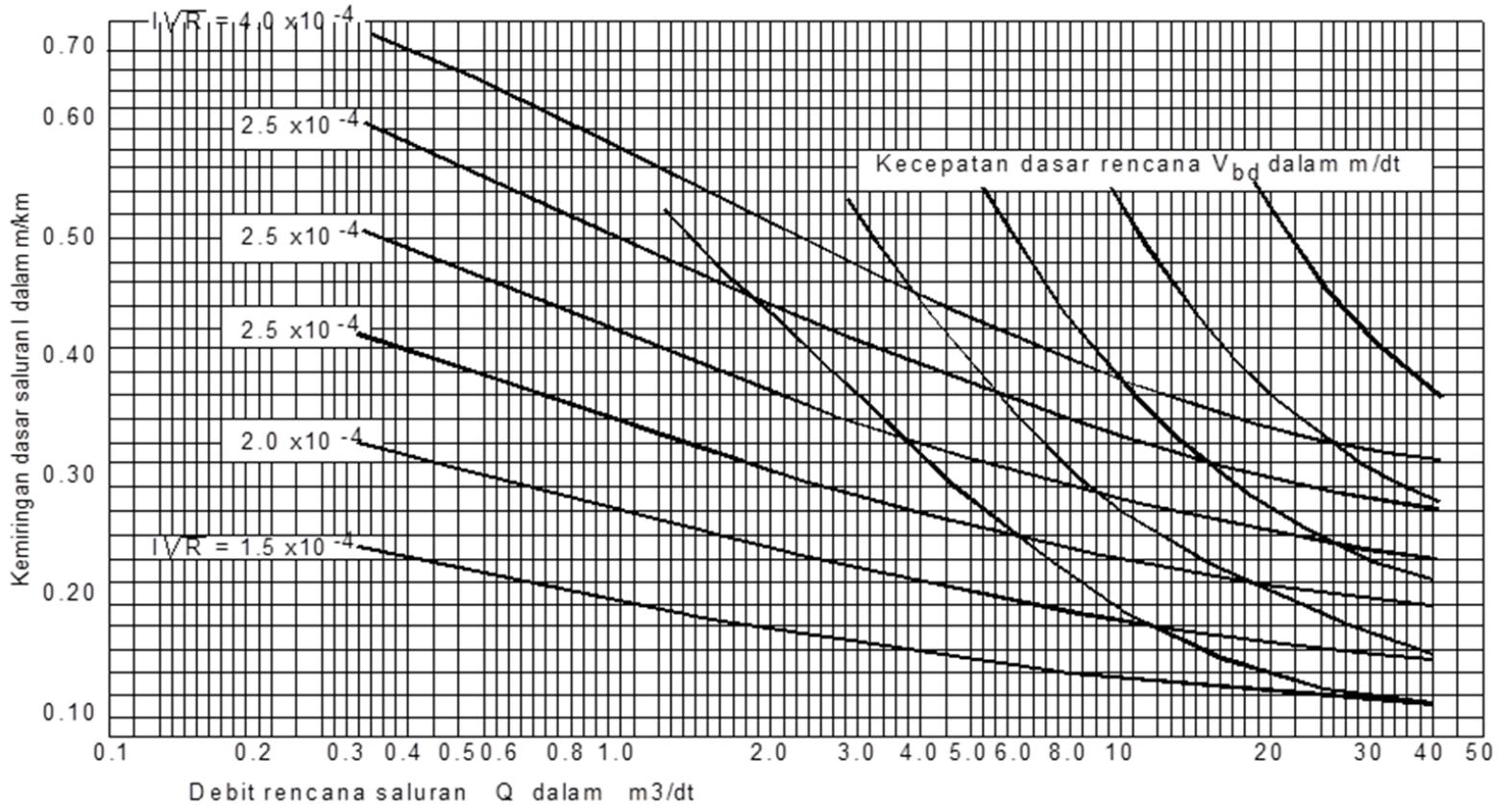
Selanjutnya lihat bagian KP – 03 Saluran.

5.4.2 Perencanaan Akhir

Pada permulaan tahap perencanaan akhir, hasil-hasil yang diperoleh pada tahap perencanaan pendahuluan akan ditinjau lagi berdasarkan data-data dari pengukuran topografi dan geologi teknik. Modifikasi terhadap rencana bendung bisa lebih mempengaruhi hasil-hasil rencana pendahuluan saluran.

Dalam tinjauan ini dibedakan langkah-langkah berikut

- Jelaskan tinggi muka air rencana di ruas pertama saluran primer dan pastikan bahwa perencanaan bangunan utama akan menghasilkan tinggi muka air yang diperlukan di tempat tersebut;
- Cek ketinggian bangunan sadap tersier berdasarkan peta trase saluran; buat penyesuaian-penyesuaian bila perlu;
- Bandingkan peta strip saluran dengan peta topografi dan periksa apakah diperlukan modifikasi tata letak (lihat juga subbab 5.3 mengenai tata letak)
- Tentukan as saluran;
- Alokasikan kehilangan-kehilangan energi ke bangunan-bangunan;
- Tentukan tinggi muka air rencana di saluran;
- Tentukan kapasitas rencana saluran;
- Rencanakan potongan memanjang dan melintang saluran
- Pemutakhiran garis sempadan saluran
- Pemutakhiran ijin alokasi air irigasi



Gambar 5-4. Bagan Perencanaan Saluran

Jika lokasi, kapasitas dan muka rencana sudah ditentukan maka perencanaan detail saluran dan bangunan akan dimulai. Kriteria untuk perencanaan detail diberikan dalam Bagian KP - 03 Saluran dan KP - 07 Standar Penggambaran.

5.5 Perencanaan Bangunan Utama untuk Bendung Tetap, Bendung Gerak, dan Bendung Karet

5.5.1 Taraf Perencanaan Pendahuluan

Dalam bagian-bagian berikut, tekanan diletakkan pada kriteria dan pertimbangan-pertimbangan untuk:

- Pemilihan lokasi bangunan utama sehubungan dengan perencanaan jaringan irigasi utama dan
- Perkiraan ukuran bangunan.

Disini tidak akan dibicarakan seluruh ruang lingkup pekerjaan perencanaan akhir bangunan utama. Seluruh ruang lingkup perencanaan ahli (bangunan utama diberikan dalam Bagian PT - 01 Persyaratan Teknis untuk Perencanaan Jaringan Irigasi).

Untuk perencanaan pendahuluan akan dipakai kriteria seperti yang diberikan dalam Bagian KP - 02 Bangunan Utama.

Perencanaan Pendahuluan ini akan dipakai sebagai dasar untuk penyelidikan-penyelidikan selanjutnya yang berkenaan dengan :

- Pemetaan sungai dan lokasi bendung
- Penyelidikan geologi teknik
- Penyelidikan model hidrolis, jika diperlukan.

Menentukan lokasi bangunan pengambilan di sungai akan melibatkan kegiatan-kegiatan menyelaraskan banyak unsur yang berbeda-beda dan saling bertentangan.

Kriteria umum penentuan lokasi bangunan utama adalah:

- Bendung akan dibangun di ruas sungai yang stabil dengan lebar yang hampir sama dengan lebar normal sungai; jika sungai mengangkut terutama sedimen halus,

maka pengambilan harus - dibuat di ujung tikungan luar yang stabil jika sungai mengangkut terutama bongkah dan kerikil, maka bendung sebaiknya dibangun di ruas lurus sungai

- Sawah tertinggi yang akan diairi dan lokasinya
- Lokasi bendung harus sedemikian rupa sehingga trase saluran primer bisa dibuat sederhana dan ekonomis
- Beda tinggi energi diatas bendung terhadap air hilir dibatasi sampai 7 m. Jika ditemukan tinggi terjunan lebih dari 7 m dan keadaan geologi dasar sungai relatif tidak kuat sehingga perlu kolam olak maka perlu dibuat bendung tipe cascade yang mempunyai lebih dari satu kolam olak. Hal ini dimaksudkan agar energi terjunan dapat direduksi dalam dua kolam olak sehingga kolam olak sebelah hilir tidak terlalu berat meredam energi.

Keadaan demikian akan mengakibatkan rantai peredam dan dasar sungai dihilir koperan (*end sill*) dapat lebih aman.

- Lokasi kantong lumpur dan kemudahan pembilasan, bilamana perlu topografi pada lokasi bendung yang diusulkan; lebar sungai
- Kondisi geologi dari *subbase* untuk keperluan pondasi
- Metode pelaksanaan (di luar sungai atau di sungai)
- Angkutan sedimen oleh sungai
- Panjang dan tinggi tanggul banjir
- Mudah dicapai.

Dibawah ini akan diberikan uraian lebih lanjut.

a. Tinggi muka air yang diperlukan untuk irigasi

Perencanaan saluran pada tahap pendahuluan akan menghasilkan angka untuk tinggi muka air yang diperlukan di saluran primer. Dalam angka tersebut kedalaman air dan kehilangan-kehilangan tinggi energi berikut harus diperhitungkan, lepas dari elevasi medan pada sawah tertinggi:

- Tinggi medan

- Tinggi air di sawah
- Kehilangan tinggi energi di jaringan dan bangunan tersier
- Kehilangan tinggi energi di bangunan sadap tersier
- Variasi muka air di jaringan utama
- Panjang dan kemiringan dasar jaringan saluran primer
- Kehilangan di bangunan-bangunan jaringan utama alat-alat ukur sipon, bangunan pengatur, talang dan sebagainya

Di pengambilan sungai terdapat tiga kemungkinan untuk memperoleh tinggi bangunan yang diperlukan; selanjutnya lihat Gambar 5-5.

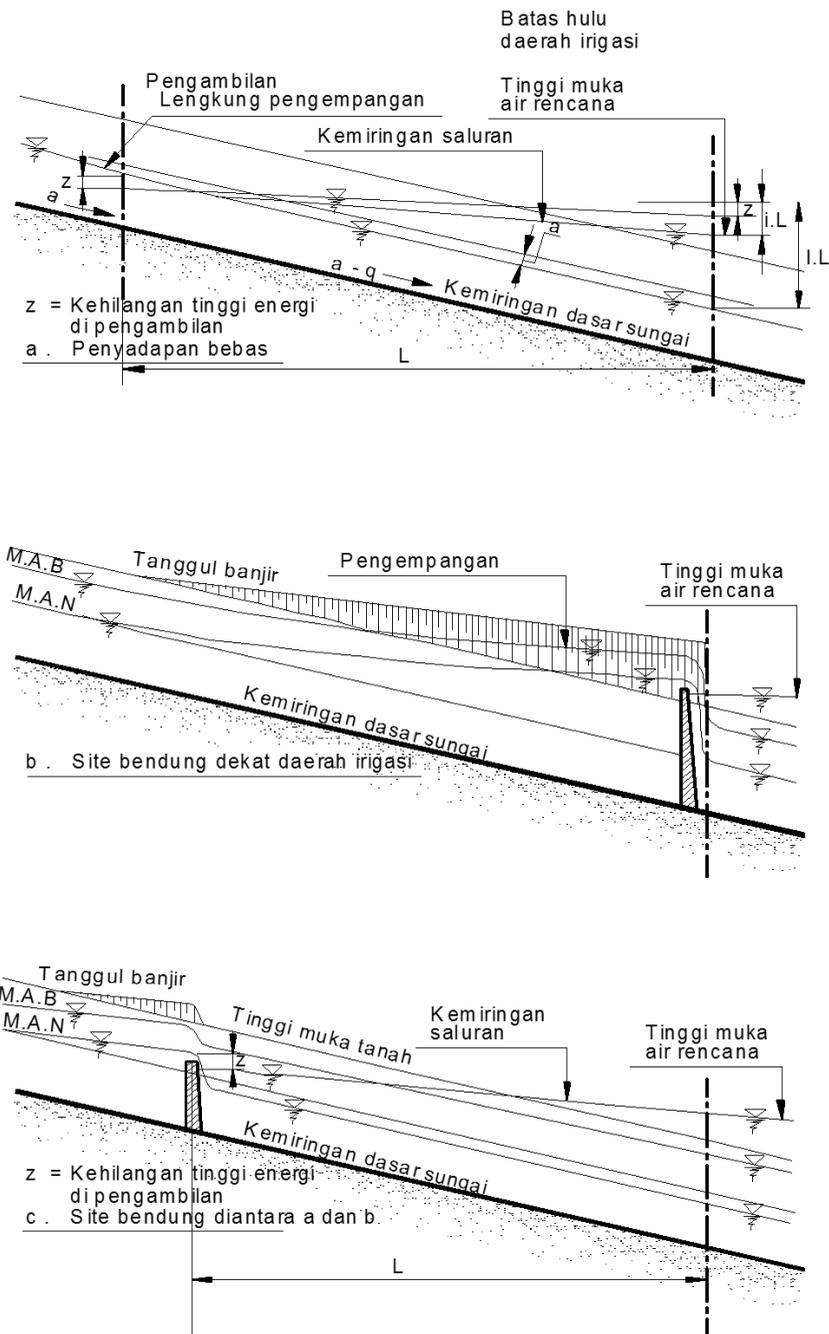
- (a) Pengambilan bebas dari sungai di suatu titik di hulu dengan tinggi energi cukup
- (b) Bendung di sungai dengan saluran primer
- (c) Lokasi bendung antara (a) dan (b)

Kemungkinan (a) mengacu kepada saluran-saluran primer yang panjang sejajar terhadap sungai; lihat Bagian KP – 02 Bangunan Utama mengenai keadaan pembambilan bebas.

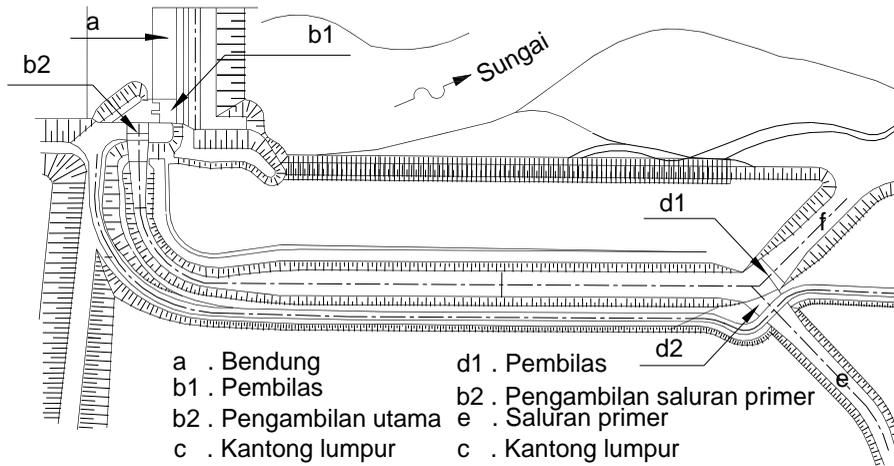
Kemungkinan (b) dapat mengacu kepada bendung yang tinggi dan tanggul-tanggul banjir yang relatif tinggi dan panjang. Dalam kebanyakan hal, kemungkinan (c) akan memberikan penyelesaian yang lebih baik karena biaya pembuatan bendung dan tanggul akan lebih murah.

b. Tinggi Bendung

Tinggi bendung harus dapat memenuhi dua persyaratan (lihat Gambar 5-6. yang menunjukkan denah bangunan utama)



Gambar 5-5. Lokasi Bendung pada Profil Memanjang Sungai



Gambar 5-6. Denah Bangunan Utama

b. 1. Bangunan Pengambilan

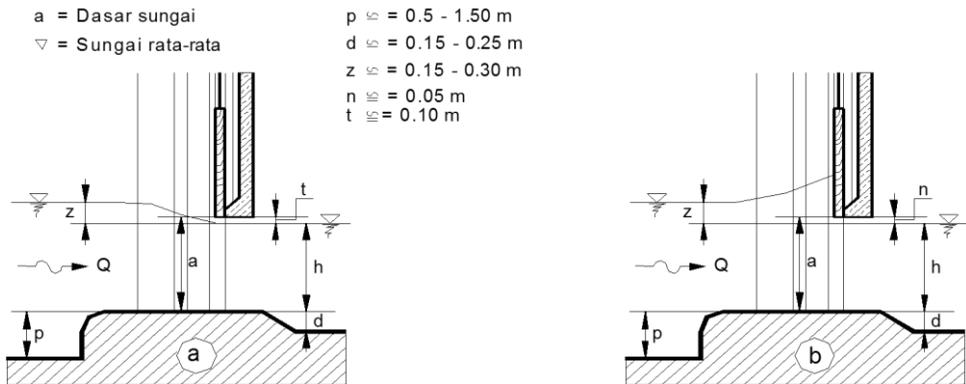
Untuk membatasi masuknya pasir, kerikil dan batu, ambang pintu pengambilan perlu dibuat dengan ketinggian-ketinggian minimum berikut diatas tinggi dasar rata-rata sungai:

- 0,50 m untuk sungai yang hanya mengangkut lumpur
- 1,00 m untuk sungai yang juga mengangkut pasir dan kerikil
- 1,50 m untuk sungai yang juga mengangkut batu-batu bongkah

Biasanya dianjurkan untuk memakai pembilas bawah (*undersluice*) dalam denah pembilas. Pembilas bawah tidak akan dipakai bila :

- Sungai mengangkut batu-batu besar
- Debit sungai pada umumnya terlalu kecil untuk menggunakan pembilas bawah

Lantai pembilas bawah diambil sama dengan tinggi rata-rata dasar sungai. Tinggi minimum bendung ditentukan bersama-sama dengan bukaan pintu pengambilan seperti pada Gambar 5-7. (lihat juga Bagian KP – 02 Bangunan Utama).



Gambar 5-7. Konfigurasi Pintu Pengambilan

b. 2. Pembilasan Sendimen

Apabila dibuat kantong lumpur, maka perlu diciptakan kecepatan aliran yang diinginkan guna membilas kantong lumpur. Kehilangan tinggi energi antara pintu pengambilan dan sungai di ujung saluran bilas harus cukup. Bagi daerah-daerah dengan kondisi topografi yang relatif datar diperlukan tinggi bendung lebih dari yang diperlukan untuk pengambilan air irigasi saja, sehingga tinggi bendung yang direncanakan ditentukan oleh kebutuhan tinggi energi untuk pembilasan sedimen. Harus diingat bahwa proses pembilasan mekanis memerlukan biaya dan tenaga yang terampil sedangkan pengurasan secara hidrolis memerlukan bendung yang relatif tinggi, untuk itu harus dipilih cara yang paling efisien diantara keduanya.

Dalam hal demikian agar dipertimbangkan cara pembilasan dengan cara mekanis atau hidrolis.

Eksplotasi pembilas juga memerlukan beda tinggi energi minimum diatas bendung. Selanjutnya lihat Bagian KP – 02 Bangunan utama.

c. Kantong Lumpur

Walaupun telah diusahakan benar-benar untuk merencanakan pengambilan yang mencegah masuknya sedimen kedalam jaringan saluran, namun partikel-partikel yang lebih halus masih akan bisa masuk.

Untuk mencegah agar sedimen ini tidak mengendap diseluruh jaringan saluran maka bagian pertama dari saluran primer tepat di belakang pengambilan biasanya direncanakan untuk berfungsi sebagai kantong lumpur (lihat Gambar 5-5.).

Kantong lumpur adalah bagian potongan melintang saluran yang diperbesar untuk memperlambat aliran dan memberikan waktu bagi sedimen untuk mengendap.

Untuk menampung sendimen yang mengendap tersebut, dasar saluran itu diperdalam dan/atau diperlebar. Tampungan ini dibersihkan secara teratur (dari sekali seminggu sampai dua minggu sekali), dengan jalan membilas endapan tersebut kembali ke sungai dengan aliran yang terkonsentrasi dan berkecepatan tinggi.

Panjang kantong lumpur dihitung berdasarkan perhitungan terhadap kecepatan pengendapan sedimen (w) sesuai dengan kandungan yang ada di sungai. Diharapkan dengan hasil perhitungan tersebut diperoleh dimensi panjang kantong lumpur yang tidak terlalu panjang dan sesuai dengan kebutuhan, sehingga menghemat biaya konstruksi.

Kantong lumpur harus mampu menangkap semua sedimen yang tidak diinginkan yang tidak bisa diangkut oleh jaringan saluran irigasi ke sawah-sawah. Kapasitas pengangkutan sendimen kantong lumpur harus lebih rendah daripada yang dimiliki oleh jaringan saluran irigasi.

Harga parameter angkutan sendimen relatif kantong sedimen harus lebih rendah daripada harga parameter jaringan irigasi. Dalam prakteknya ini berarti bahwa kemiringan dasar dari kantong lumpur yang terisi harus lebih landai dari pada kemiringan dasar ruas pertama saluran primer.

Untuk perencanaan pendahuluan dimensi-dimensi utama kantong lumpur sebagai referensi dapat digunakan Bagian KP – 02 Bangunan Utama.

Keadaan topografi di dekat lokasi bendung bisa menimbulkan persyaratan penggalian untuk pekerjaan kantong lumpur dan saluran primer. Penggeseran lokasi bendung mungkin dipertimbangkan guna memperkecil biaya pembuatan bendung, kantong lumpur dan saluran. Memindahkan lokasi bendung ke arah hulu akan mengakibatkan tinggi muka air di pengambilan lebih tinggi dari yang diperlukan pada ambang yang sama. Memindahkan lokasi bendung ke arah hilir akan berarti bahwa bendung harus lebih tinggi lagi dan biaya pembuatannya akan lebih mahal.

Topografi pada lokasi bangunan utama mungkin juga menimbulkan hambatan-hambatan terhadap penentuan panjang dan ukuran kantong lumpur. Kapasitas angkutan partikel yang relatif tinggi harus tetap dipertahankan dan kemiringan jaringan yang landai harus dihindari. Keadaan yang demikian bisa mengakibatkan dipindahnya trase saluran primer untuk mengusahakan kemiringan dasar yang lebih curam. Hal ini menyebabkan kehilangan beberapa areal layanan.

Efisiensi kantong lumpur dapat diperbaiki dengan jalan membilas endapan di dasarnya secara terus menerus.

d. Lokasi Bangunan Utama

Evaluasi keadaan dan kriteria perencanaan diatas akan menghasilkan perkiraan lokasi bendung. Keadaan-keadaan setempat akan lebih menentukan lokasi ini.

d.1. Alur Sungai

Untuk memperkecil masuknya sedimen ke dalam jaringan saluran, dianjurkan agar pengambilan dibuat pada ujung tikungan luar sungai yang stabil.

Apabila pada titik dimana pengambilan diperkirakan bisa dibuat ternyata tidak ada tikungan luarnya, maka bisa dipertimbangkan untuk menempatkan pengambilan itu pada tikungan luar lebih jauh ke hulu.

Dalam beberapa hal, alur sungai dapat diubah untuk mendapatkan posisi yang lebih baik. Ini lebih menguntungkan. Konstruksi pada sodetan (*Coupure*) yang agak melengkung bisa dipertimbangkan. Keuntungannya adalah konstruksi bisa dikontrol dengan baik dan aman di tempat kering. Biaya pelaksanaan lebih rendah, tetapi pekerjaan tanah untuk penggalian sodetan dan tanggul penutup akan lebih memperbesar biaya itu.

Di ruas-ruas sungai bagian atas dimana batu-batu besar terangkut, bendung sebaiknya ditempatkan di ruas yang lurus.

Gaya-gaya helikoidal tidak bisa mencegah terendapnya batu-batu besar di pengambilan bila pengambilan itu direncanakan di tikungan luar. Gaya-gaya helikoidal berguna untuk mengangkut sedimen menjauhi pengambilan yang ditempatkan di tikungan luar diruas yang lebih rendah dan diruas tengah.

Apabila daerah irigasi terletak dikedua sisi sungai, hal-hal berikut harus dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pengambilan:

Bila sedimen yang diangkut oleh sungai relatif sedikit, atau di ruas hulu sungai mengangkut sedikit batu-batu besar, maka bangunan utama dapat ditempatkan di ruas lurus yang stabil dengan pengambilan di kedua tanggul sungai.

Bila sungai mengangkut sedimen, semua pengambilan hendaknya digabung menjadi satu untuk ditempatkan diujung tikungan luar sungai. Air irigasi dibawa ke tanggul yang satunya lagi melalui pengambilan didalam pilar bilas dan gorong-gorong di tubuh bendung, atau lebih ke hilir lagi dengan menggunakan sipon atau talang.

d.2. Potongan Memanjang Sungai

Hubungan antara potongan memanjang sungai dengan tinggi pengambilan yang diperlukan, diperjelas pada Gambar 5-5. Lokasi dimana alur saluran primer bertemu dengan sungai belum tentu merupakan lokasi terbaik untuk bendung. Lokasi-lokasi hulu juga akan dievaluasi.

d.3. Tinggi Tanggul Penutup

Tinggi tanggul penutup di lokasi bendung sebaiknya dibuat kurang, lebih sama dengan bagian atas tumpuan (*abutment*) bendung. Ini memberikan penyelesaian yang murah untuk pekerjaan tumpuan. Tanggul penutup yang terlalu tinggi atau terlalu curam menjadi mahal karena tanggul-tanggul itu memerlukan pekerjaan galian yang mahal untuk membuat pengambilan, Tumpuan bendung dan saluran primer atau kantong lumpur. Tanggul penutup yang terlalu rendah memerlukan tanggul banjir yang mahal dan mengakibatkan banjir.

d.4. Keadaan Geologi Teknik Dasar Sungai

Keadaan geologi teknik pada lokasi bendung harus cocok untuk pondasi, jadi kelulusannya harus rendah dan daya dukungnya harus memadai. Keadaan tanah ini bisa bervariasi diruas sungai dimana terletak bangunan utama. Lebih disukai lagi jika di lokasi yang dipilih itu terdapat batu singkapan dengan tebal yang cukup memadai.

d.5. Anak Sungai

Lokasi titik temu sungai kecil dapat mempengaruhi pemilihan lokasi bendung. Untuk memperoleh debit andalan yang baik mungkin bendung terpaksa harus ditempatkan disebelah hilir titik temu kedua sungai. Hal ini berakibat bahwa bendung harus dibuat lebih tinggi.

d.6. Peluang Banjir

Dalam memilih lokasi bendung hendaknya diperhatikan akibat-akibat meluapnya air akibat konstruksi bendung.

Muka air banjir akan naik di sebelum hulu akibat dibangunnya bendung, untuk itu konstruksi bangunan utama akan dilengkapi dengan sarana-sarana perlindungan. Evaluasi letak bendung mencakup pertimbangan-pertimbangan mengenai ruang lingkup dan besarnya pekerjaan lindungan terhadap banjir.

5.5.2 Taraf Perencanaan Akhir

Apabila kondisi perencanaan hidrolis dari bangunan utama dan sungai ternyata amat rumit dan tidak bisa dipecahkan dengan cara pemecahan teknis standar, maka mungkin diperlukan penyelidikan model hidrolis. Hasil-hasil dari percobaan ini akan memperjelas dan memperbaiki perencanaan pendahuluan bangunan utama.

Perencanaan akhir bangunan utama akan didasarkan pada:

- Besarnya kebutuhan pengambilan dan tinggi pengambilan
- Pengukuran topografi
- Penyelidikan geologi teknik, dan
- Penyelidikan model hidrolis

Langkah pertama dalam perencanaan akhir adalah meninjau kembali hasil-hasil serta kesimpulan-kesimpulan dari taraf perencanaan pendahuluan. Kesahihan asumsi-asumsi perencanaan dicek.

Perencanaan detail akan dilaksanakan menurut Bagian KP-02 Bangunan Utama. Persyaratan Teknis untuk Perencanaan Jaringan Irigasi memberikan detail perencanaan serta laporan yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

- CHOW, V.T: *Handbook of Applied Hydrology*, Mc Graw-Hill, London, 1964.
- CHOW, V.T: *Open Channel Hydraulics*, Mc Graw-Hill, New York, 1959.
- DGWRD, Bina Program: PSA Series, 1985.
- DGWRD, *Roving Seminar On Conceptual Models for Operational Hydrological Forecasting*, 1982.
- DGWRD-DOL: *Design Criteria on Irrigation Design*, 1980.
- DPMA and Institute of Hydrology Wallingford: *Flood design manual for Java and Sumatra*, 1983.
- ESCAP/ECAPE: *Planning Water Resources Development, Water Resources Series No.37*, 1968.
- FAO: *Crop Water Requirements, Irrigation And Drainage Paper 24*, Rome, 1975.
- JANSSEN, P. P.(Ed): *Principles of River Enggineering*, Pitman, London, 1979.
- MANNEN, Th.D.van: *Irrigatie in Nederlandsch-Indie*, 1931.
- MOCK, F. J. Dr: *Land Capability Appraisal, Indonesia Water Availability Appraisal*, 1973.
- NEDECO, *Jratunseluna Basin Development Project: Design Criteria*, 1974.
- NEDECO-DHV Consulting Engineers: *Trial Run Training Manuals*, 1985.
- SEDERHANA *Irrigation Projects: Design Guidelines for Sederhana Irrigation Projects*, 1984.
- SOENARNO: *Tahapan Perencanaan Teknis Irigasi*, 1976.
- SUYONO SOSRODARSONO, Ir. & KENSAKU TAKEDA: *Hidrologi untuk Pengairan*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1976.

SUYONO SOSRODARSONO, Ir. & KENSAKU TAKEDA: *Bendungan Tipe Urugan*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1977.

USBR, US Departement of Interior: *Canals and Related Structures*, Washington D.C, 1967.

USBR, US Departement of Interior: *Design of Small Dams*, Washington D.C, 1973.

USDA, *Soil Conservation Service: Design of Open Channels, Technical Release No.25*, Washington D.C, 1977.

LAMPIRAN I RUMUS BANJIR EMPIRIS

A.1.1 Umum

Kurangnya data banjir mengakibatkan ditetapkan hubungan empiris antara curah hujan – limpasan air hujan, berdasarkan rumus rasional berikut:

$$Q_n = \mu b q_n A \dots\dots\dots (A.1.1)$$

Dimana

Q_n = Debit banjir (puncak) dalam m^3/dt dengan kemungkinan tidak terpenuhi n%

μ = Koefisien limpasan air hujan (*run off*)

b = Koefisien pengurangan luas daerah hujan

q_n = Curah hujan dalam $m^3/dt.km^2$ dengan kemungkinan tidak terpenuhi n%

A = Luas daerah aliran sungai, km^2

Ada tiga metode yang diajarkan untuk menetapkan curah hujan empiris – limpasan air hujan, yakni:

- Metode *Der Weduwen* untuk luas daerah aliran sungai sampai 100 km^2 , dan
- Metode *Melchior* untuk luas daerah aliran sungai lebih dari 100 km^2
- Metode *Haspers* untuk DPS lebih dari 5.000 ha

Ketiga metode tersebut telah menetapkan hubungan empiris untuk a , b dan q . Waktu konsentrasi (periode dari mulanya turun hujan sampai terjadinya debit puncak) diambil sebagai fungsi debit puncak, panjang sungai dan kemiringan rata-rata sungai.

Untuk mensiasati kondisi iklim yang sering berubah akibat situasi global maka diperlukan langkah untuk melakukan perhitungan hidrologi (debit andalan & debit banjir) yang mendekati kenyataan. Sehingga diputuskan untuk merevisi angka koreksi untuk mengurangi 15% untuk debit andalan dan menambah 20% untuk debit banjir. (Angka koreksi disesuaikan dengan kondisi perubahan DAS).

Hal ini dilakukan mengingat saat ini perhitungan berdasar data seri historis menghasilkan debit banjir semakin lama semakin membesar dan debit andalan semakin lama semakin mengecil.

A.1.2 Rumus Banjir *Melchior*

Metode *Melchior* untuk perhitungan banjir diterbitkan pertama kali pada tahun 1913. hubungan dasarnya adalah sebagai berikut.

A.1.2.1 Koefisien Limpasan Air Hujan

Koefisien limpasan air hujan a diambil dengan harga tetap. Pada mulanya dianjurkan harga–harga ini berkisar antara 0,41 sampai 0,62. Harga–harga ini ternyata sering terlalu rendah. Harga–harga yang diajarkan dapat dilihat pada Tabel A.1.1. dibawah ini. Harga–harga tersebut diambil dari metode kurve bilangan US *Soil Conservation Service* yang antara lain diterbitkan dalam USBR *Design of Small Dams*.

Tabel A.1.1 Harga–Harga Koefisien Limpasan Air Hujan

Tanah Penutup	Kelompok Hidrologis Tanah	
	C	D
Hutan lebat (vegetasi dikembangkan dengan baik)	0,60	0,70
Hutan dengan kelembatan sedang (vegetasi dikembangkan dengan cukup baik)	0,65	0,75
Tanaman ladang dan daerah-daerah gundul (terjal)	0,75	0,80

Pemerian (deskripsi) kelompok-kelompok tanah hidrologi adalah sebagai berikut :

Kelompok C: Tanah-tanah dengan laju infiltrasi rendah pada saat dalam keadaan sama sekali basah, dan terutama terdiri dari tanah, yang terutama terdiri dari tanah-tanah yang lapisannya menghalangi gerak turun air atau tanah dengan tekstur agak halus sampai halus. Tanah-tanah ini memiliki laju infiltrasi air yang sangat lambat.

Kelompok D: (Potensi limpasan air hujan tinggi)

Tanah dalam kelompok ini memiliki laju infiltrasi sangat rendah pada waktu tanah dalam keadaan sama sekali basah, dan terutama terdiri dari tanah lempung dengan potensi mengembang yang tinggi, tanah dengan muka air-tanah yang tinggi dan permanen, tanah dengan lapis lempung penahan (*claypan*) atau dekat permukaan serta tanah dangkal diatas bahan yang hampir kedap air. Tanah ini memiliki laju infiltrasi air yang sangat lambat.

A.1.2.2 Curah Hujan

Curah hujan q diambil sebagai intensitas rata-rata curah hujan sampai waktu terjadinya debit puncak. Ini adalah periode T (waktu konsentrasi) setelah memulainya turun hujan. Curah hujan q ditentukan sebagai daerah hujan terpusat (*point rainfall*) dan dikonversi menjadi luas daerah hujan bq .

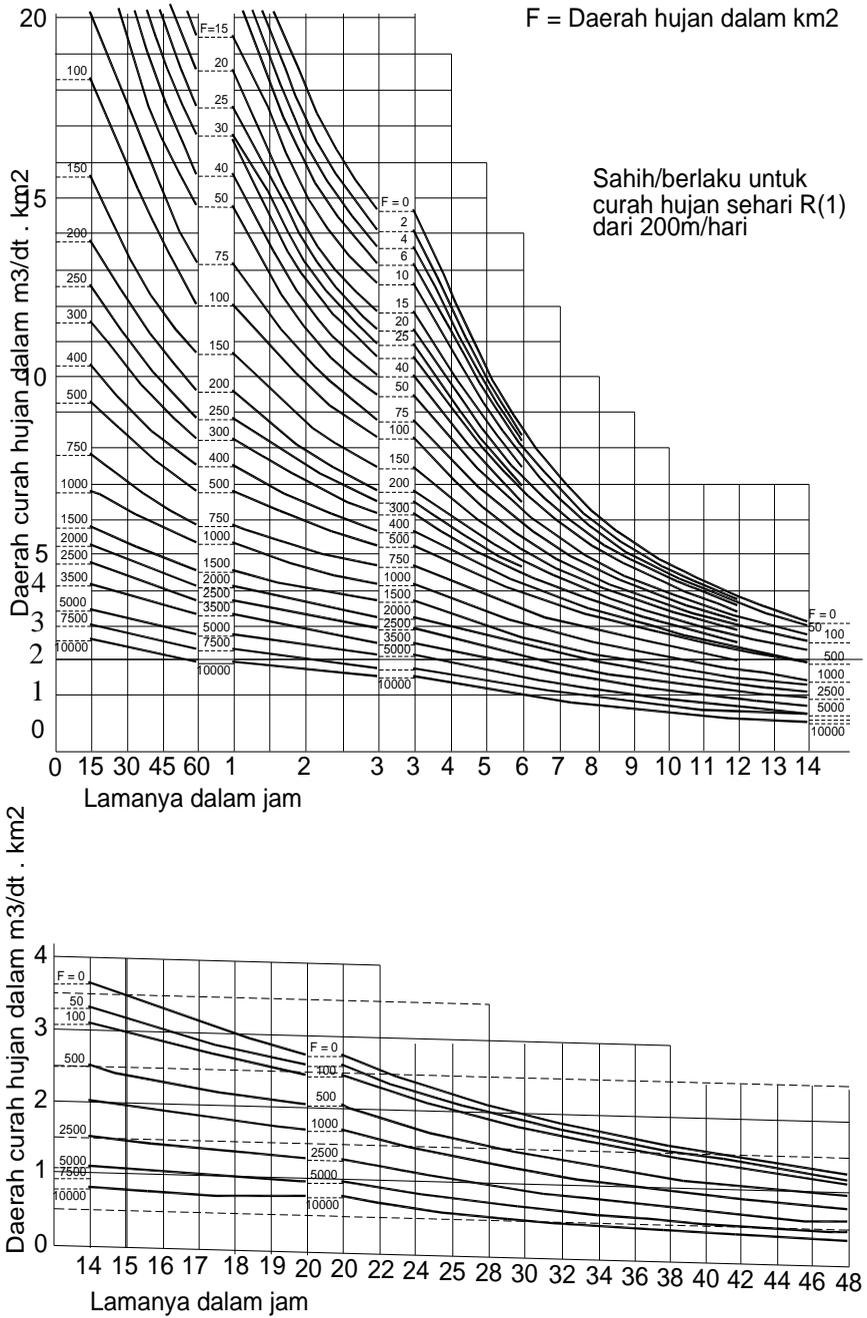
Dalam Gambar A.1.1. luas daerah curah hujan bq ($m^3/dt.km^2$) diberikan sebagai fungsi waktu dan luas untuk curah hujan sehari sebesar 200 mm. βq untuk $F = 0$ dan $T = 24$ jam dihitung sebagai berikut :

$$\beta q = \frac{0,2 \times 1000 \times 1000}{24 \times 3600} = 2,31 \text{ m}^3/\text{dt. km}^2 \dots\dots\dots(\text{A.1.2})$$

Bila curah hujan dalam sehari q_n berbeda, maka harga-harga pada gambar tersebut akan berubah secara proporsional, misalnya untuk curah hujan sehari 240 mm, harga βq_n dari

$F = 0$ dan $T = 24$ jam akan menjadi :

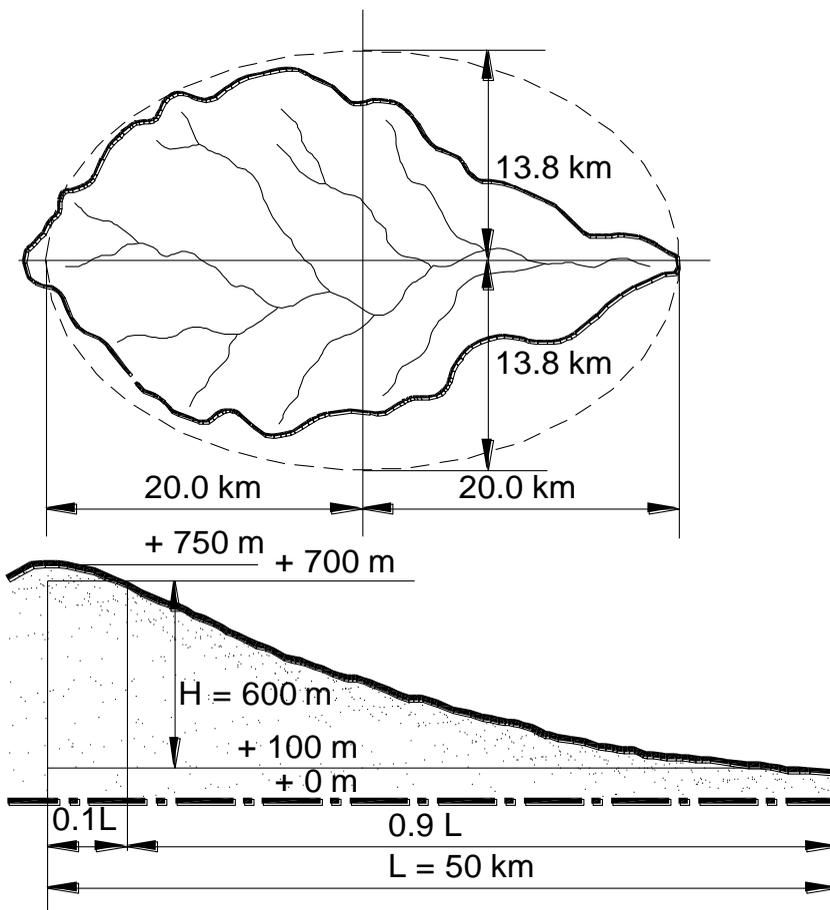
$$\beta q_n = 2,31 \times \frac{240}{200} = 2,77 \text{ m}^3/\text{dt. km}^2 \dots\dots\dots(\text{A.1.3})$$



Gambar A.1.1 Luas Daerah Curah Hujan *Melchior*

Variasi curah hujan di tiap daerah diperkirakan bentuk bundar atau elips. Untuk menemukan luas daerah hujan disuatu daerah aliran sungai, sebuah elips digambar mengelilingi batas-batas daerah aliran sungai (lihat Gambar A. 1.2.) As yang pendek sekurang-kurangnya harus $\frac{2}{3}$ dari panjang as.

Garis elips tersebut mungkin memintas ujung daerah pengaliran yang memanjang. Daerah elips F diambil untuk menentukan harga bq untuk luas daerah aliran sungai A. Pada Gambar A.1.1. diberikan harga-harga bq untuk luas-luas F.



Gambar A.1.2 Perhitungan Luas Daerah Hujan

Waktu Konsentrasi

Melchior menetapkan waktu konsentrasi T_c sebagai berikut:

$$T_c = 0,186 L \cdot Q^{-0,2} I^{-0,4} \dots\dots\dots (A.1.4)$$

Dimana :

T_c = waktu konsentrasi, jam

L = panjang sungai, km

Q = debit puncak, m³/dt

I = kemiringan rata-rata sungai

Untuk penentuan kemiringan sungai, 10% bagian hulu dari panjang sungai tidak dihitung. Beda tinggi dan panjang diambil dari suatu titik 0,1 L dari batas hulu daerah aliran sungai (lihat Gambar A.1.2)

A.1.2.3 Perhitungan Banjir Rencana

Debit puncak dihitung mengikuti langkah-langkah a sampai h dibawah ini :

- a. Tentukan besarnya curah hujan sehari untuk periode ulang rencana yang dipilih
- b. Tentukan a untuk daerah aliran menurut Tabel A.1.1.
- c. Hitunglah A, F, L dan I untuk daerah aliran tersebut
- d. Buatlah perkiraan harga pertama waktu konsentrasi T_o berdasarkan Tabel A.1.2.
- e. Ambil harga $T_c = T_o$ untuk βq_{no} dari Gambar A.1.1 dan hitunglah $Q_o = \alpha \beta q_{no} A$
- f. Hitunglah waktu konsentrasi T_c untuk Q_o dengan persamaan (A.1.4)
- g. Ulangi lagi langkah-langkah d dan e untuk harga T_o baru yang sama dengan T_c sampai waktu konsentrasi yang sudah diperkirakan dan dihitung mempunyai harga yang sama
- h. Hitunglah debit puncak untuk harga akhir T .

Tabel A.1.2. Perkiraan Harga-Harga T_o

F km²	T_o Jam	F km²	T_o Jam
100	7,0	500	12,0
150	7,5	700	14,0
200	8,5	1.000	16,0
300	10,0	1.500	18,0
400	11,0	3.000	24,0

A.1.3 Rumus Banjir Der Weduwen

Metode perhitungan banjir *Der Weduwen* diterbitkan pertama kali pada tahun 1937. Metode tersebut sah untuk daerah seluas 100 km².

A.1.3.1 Hubungan-Hubungan Dasar

Rumus banjir *Der Weduwen* didasarkan pada rumus-rumus berikut:

$$Q_n = \alpha\beta q_n A \dots\dots\dots (A.1.5)$$

Dimana:

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta q + 7} \dots\dots\dots (A.1.6)$$

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9}A}{120+A} \dots\dots\dots (A.1.7)$$

$$q_n = \frac{R_n}{240} \frac{67,65}{t+1,45} \dots\dots\dots (A.1.8)$$

$$t = 0,25 L Q^{-0,125} I^{-0,25} \dots\dots\dots (A.1.9)$$

Dimana :

Q_n = debit banjir (m³/dt) dengan kemungkinan tidak terpenuhi n%

R_n = curah hujan harian maksimum (mm/hari) dengan kemungkinan tidak terpenuhi n%

- a = Koefisien limpasan air hujan
- b = Koefisien pengurangan daerah untuk curah hujan daerah aliran sungai
- q = curah hujan ($\text{m}^3/\text{dt.km}^2$)
- A = Luas daerah aliran (km^2) sampai 100 km^2
- t = lamanya curah hujan (jam)
- L = Panjang sungai (km)
- I = gradien (*Melchior*) sungai atau medan

Kemiringan rata-rata sungai I ditentukan dengan cara yang sama seperti pada metode *Melchior*. 10% hulu (bagian tercuram) dari panjang sungai dan beda tinggi tidak dihitung.

Perlu diingat bahwa waktu t dalam metode *Der Weduwen* adalah saat-saat kritis curah hujan yang mengacu pada terjadinya debit puncak. Ini tidak sama dengan waktu konsentrasi dalam metode *Melchior*.

Dalam persamaan (A.1.8) curah hujan sehari rencana (R_n) harus diisi untuk memperoleh harga curah hujan q_n . Perlu dicatat pula bahwa rumus-rumus *Der Weduwen* dibuat untuk curah hujan sehari sebesar 240 mm.

A.1.2.2. Perhitungan Banjir Rencana

Perhitungan dilakukan berkali-kali dengan persamaan A.1.5, A.1.6, A.1.7, A.1.8 dan A.1.9 seperti disajikan dalam subbab A.1.3.1.

- a. Hitunglah A, L dan I dari peta garis tinggi daerah aliran sungai dan substitusikan harga-harga tersebut dalam persamaan.
- b. Buatlah harga perkiraan untuk Q_0 dan gunakan persamaan dari (subbab A.1.2.3) untuk menghitung besarnya debit Q_c (Q Konsentrasi)
- c. Ulangi lagi perhitungan untuk harga baru Q_0 sama dengan Q_c diatas
- d. Debit puncak ditemukan jika Q_0 yang diambil sama dengan Q_c

Perhitungan diatas dapat dilakukan dengan menggunakan kalkulator yang bisa diprogram.

Subbab A.1.2.1. juga dapat disederhanakan dengan mengasumsikan hubungan tetap antara L dan A.

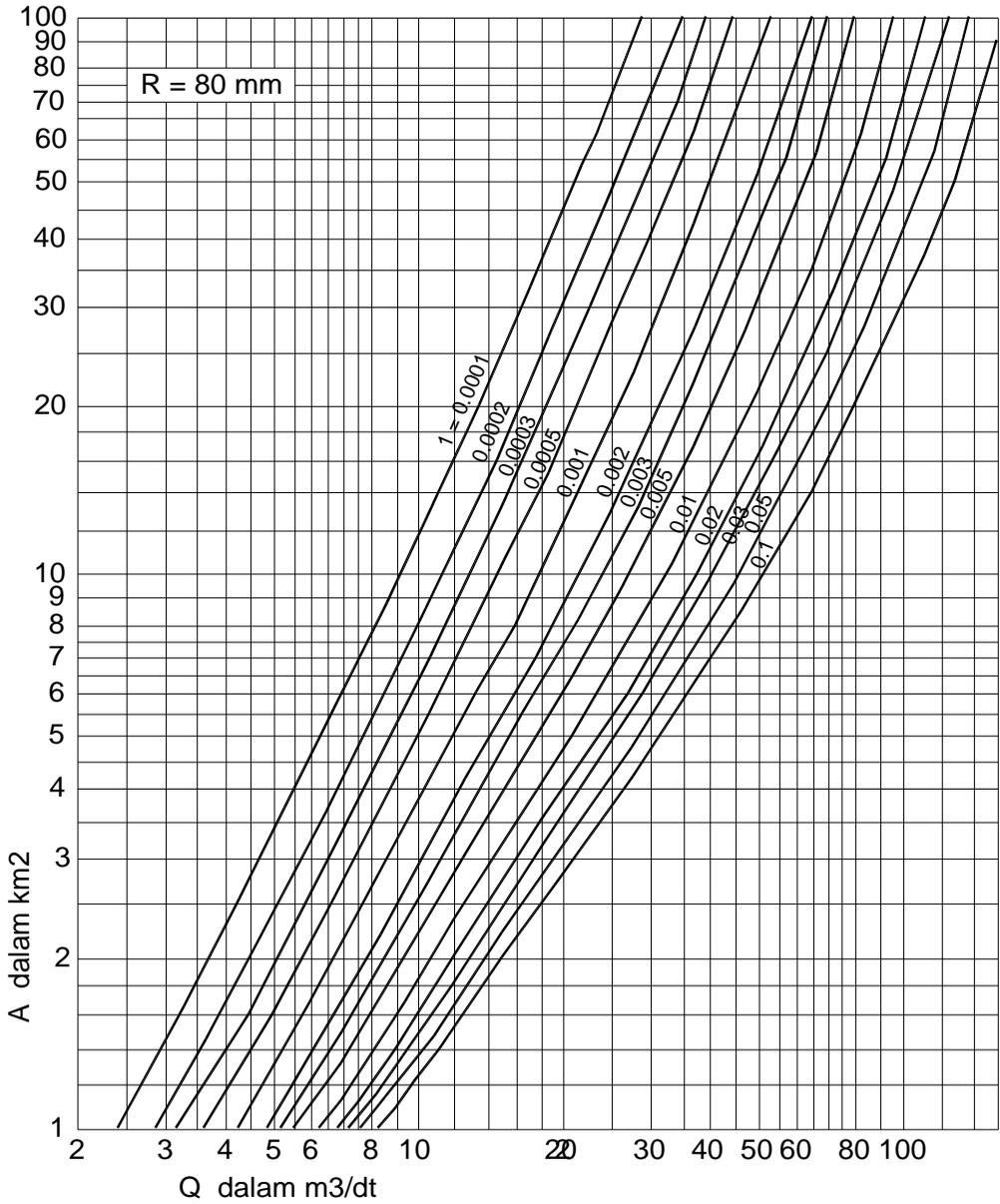
$$L = 1,904 A^{0,5} \dots\dots\dots (A.1.10)$$

Jika disubstitusikan ke dalam persamaan (A.1.9), maka ini menghasilkan

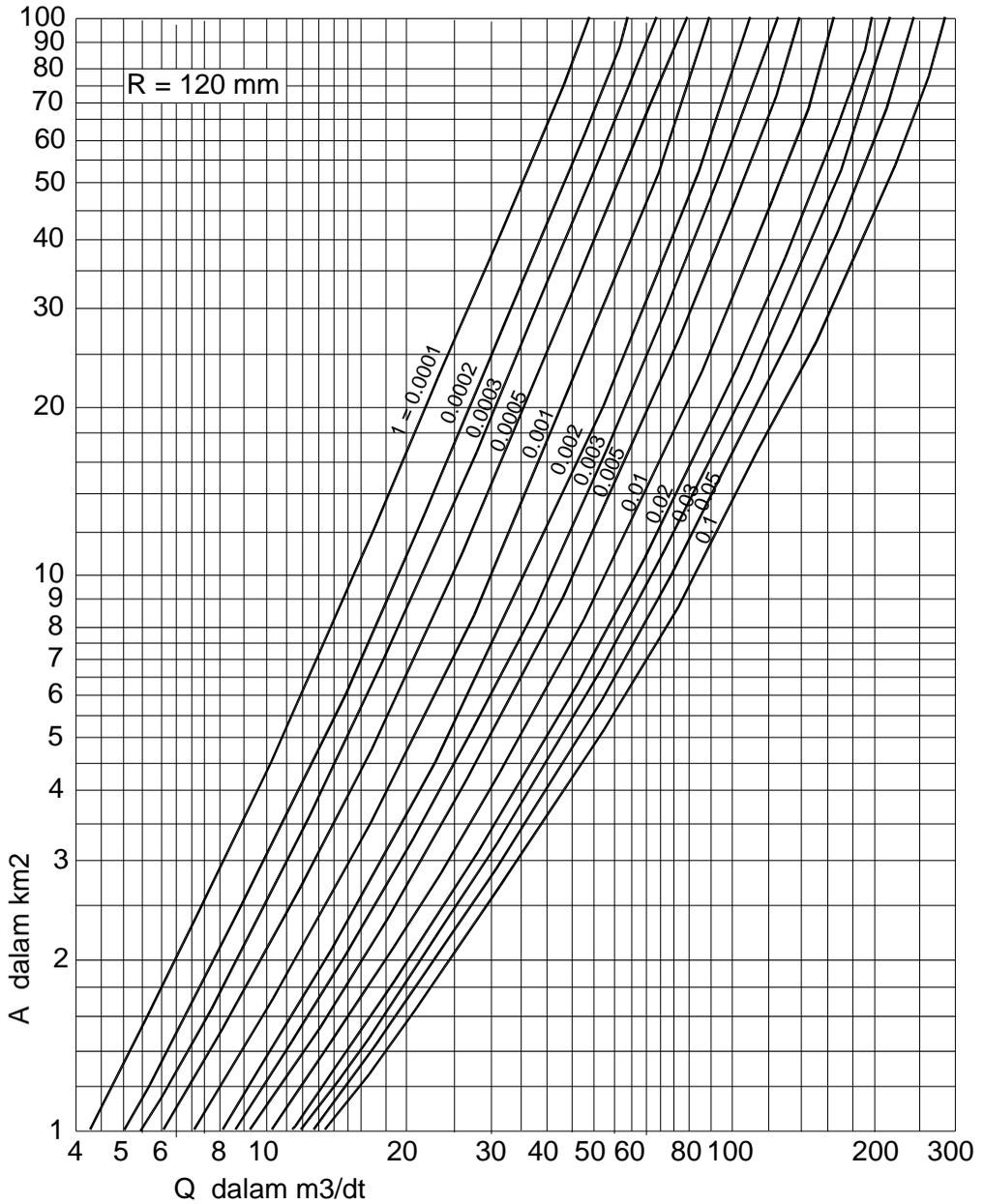
$$L = 0,476 Q^{-0,125} I^{-0,25} A^{0,5} \dots\dots\dots (A.1.11)$$

Pada Gambar A.13. sampai A.1.7. diberikan penyelesaian persamaan dari subbab A.1.2.1. Debit-debit puncak dapat ditemukan dengan interpolasi dari grafik perlu dicatat bahwa untuk sungai yang panjangnya lebih dari yang disebut dalam persamaan (A.1.10), harga-harga debit puncak yang diambil dari grafik tersebut lebih tinggi.

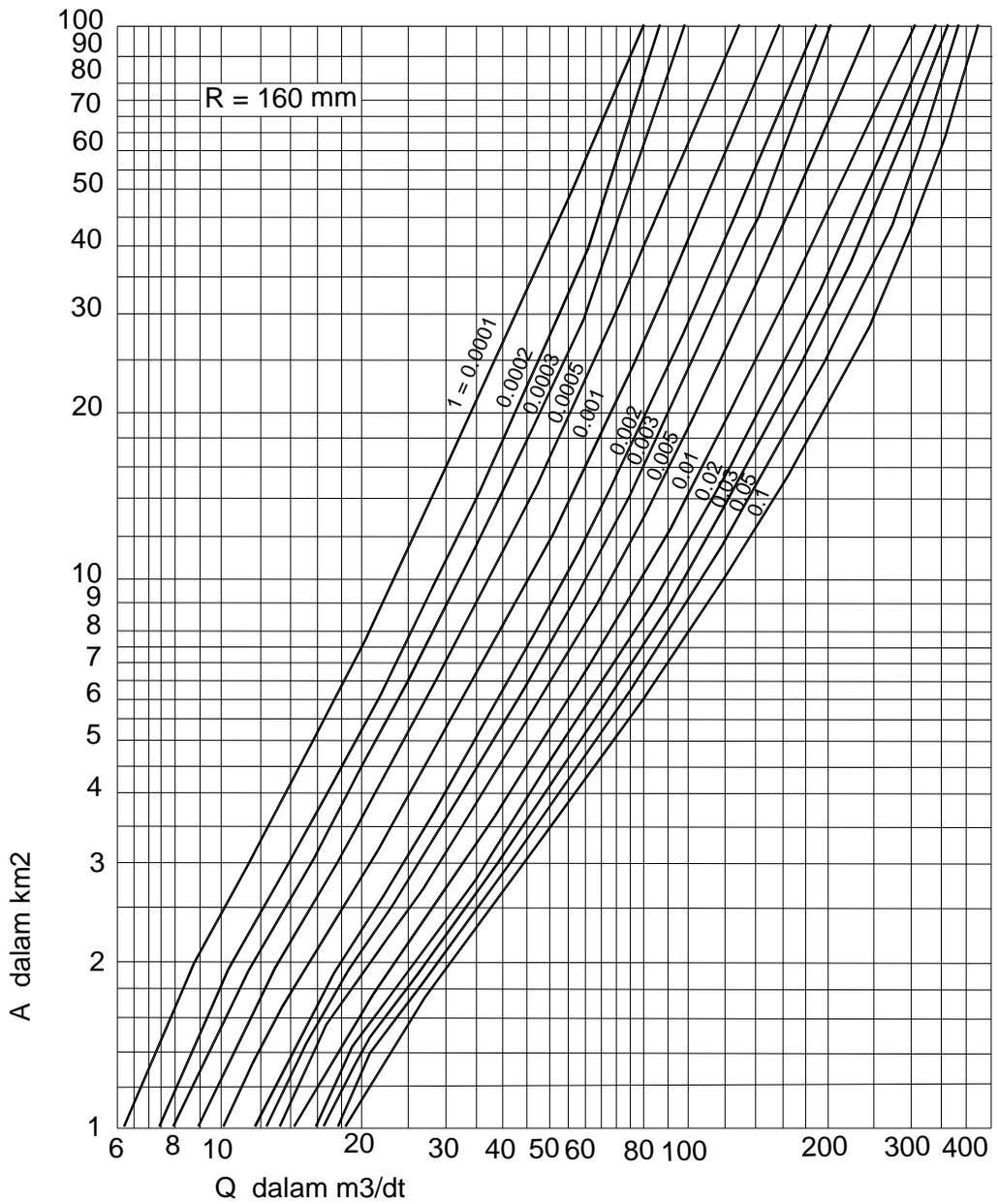
Harga-harga debit puncak Q_0 dari grafik tersebut dapat dipakai sebagai harga mula/awal untuk proses perhitungan yang dilakukan secara berulang-ulang sebagaimana dijelaskan pada b dan c diatas.



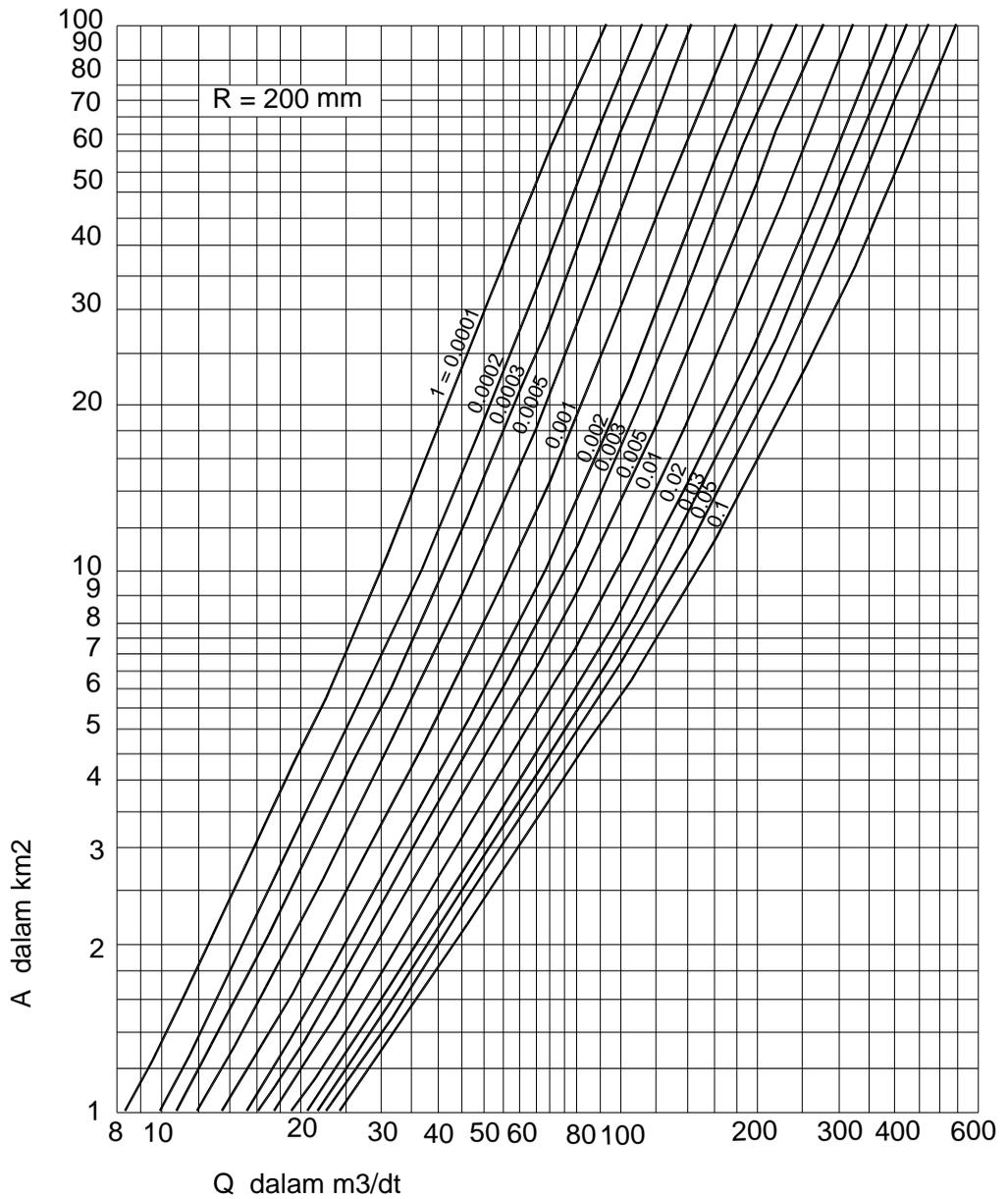
Gambar A.1.3 Debit Q untuk Curah Hujan Harian $R = 80 \text{ mm}$



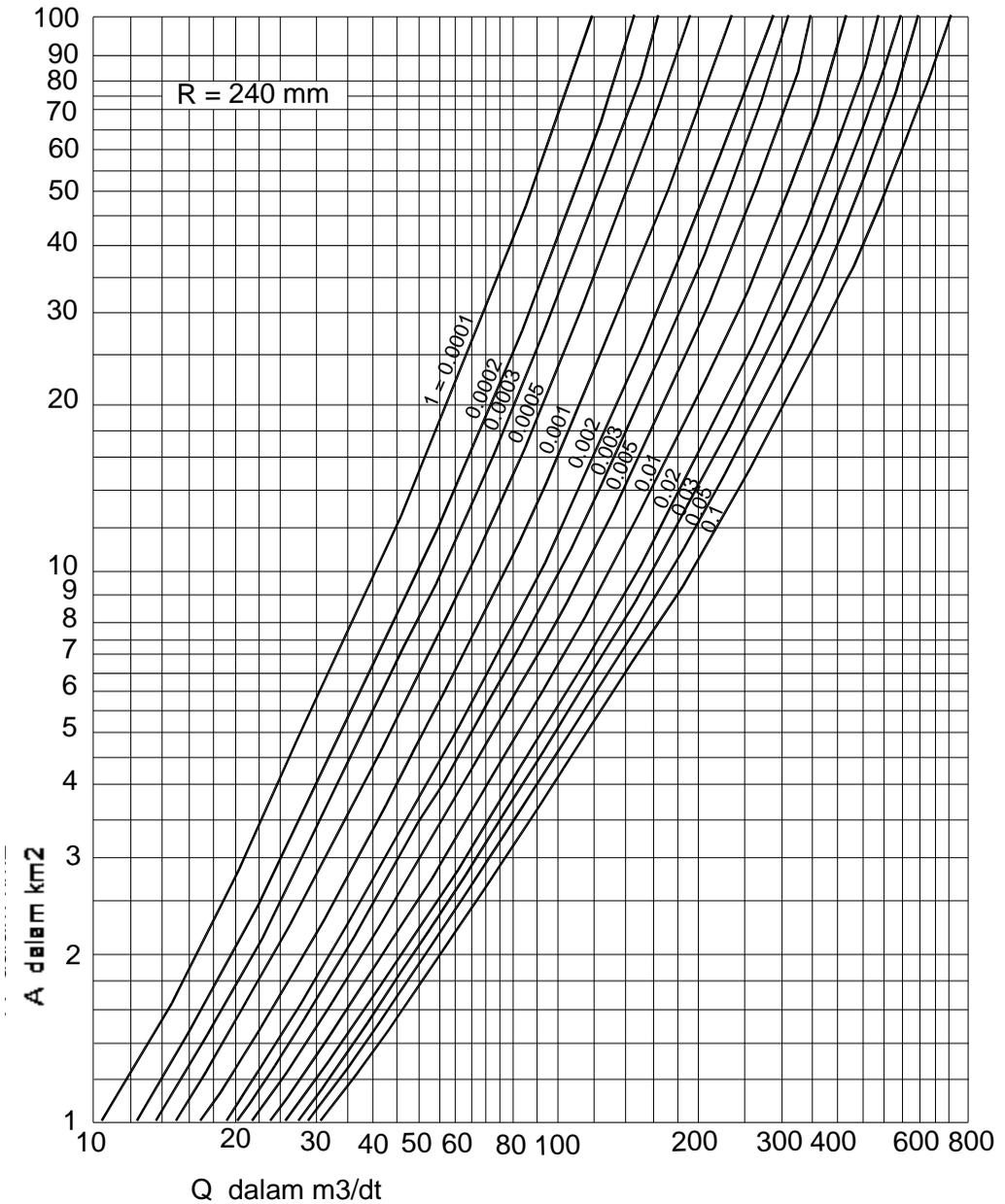
Gambar A.1.4 Debit Q untuk Curah Hujan Harian R = 120 mm



Gambar A.1.5 Debit Q untuk Curah Hujan Harian $R = 160 \text{ mm}$



Gambar A.1.6 Debit Q untuk Curah Hujan Harian R = 200 mm



Gambar A.1.7 Debit Q untuk Curah Hujan Harian $R = 240 \text{ mm}$

A.1.3. Rumus Banjir Metode Haspers

1. Koefisien aliran (α) dihitung dengan rumus:

$$\alpha = \frac{1+0,012f^{0,7}}{1+0,075f} \dots\dots\dots (A.1.12)$$

2. Koefisien reduksi (β) dihitung dengan rumus:

$$\frac{1}{\beta} = 1 + \frac{t+(3,7 \times 10^{0,4t})}{(t+15)} \times \frac{f^{\frac{3}{4}}}{12} \dots\dots\dots (A.1.13)$$

3. Waktu konsentrasi dihitung dengan rumus:

$$t_x = 0,1L^{0,9}i^{-0,3} \dots\dots\dots (A.1.14)$$

4. Hujan maksimum menurut *Haspers* dihitung dengan rumus:

$$q = \frac{Rt}{3,6t} \dots\dots\dots (A.1.15)$$

$$R_t = S_x U \dots\dots\dots (A.1.16)$$

Keterangan:

- t = waktu curah hujan (jam)
- q = hujan maksimum (m³/km²/detik)
- R = curah hujan maksimum rata-rata (mm)
- S_x = simpangan baku
- U = variabel simpangan untuk kala ulang T tahun
- R_t = curah hujan dengan kala ulang T tahun (mm)

berdasarkan *Haspers* ditentukan:

untuk t < 2 jam

$$R_t = \frac{t.R_{24}}{t+1-0,0008(260-R_{24})(2-t)^2} \dots\dots\dots (A.1.17)$$

untuk 2 jam < t < 19 jam

$$R_t = \frac{t \times R_{24}}{t+1} \dots\dots\dots (A.1.18)$$

untuk 19 jam < t < 30 hari

$$R_t = 0,707 \times R_{24}t + 1 \dots\dots\dots (A.1.19)$$

keterangan:

- t = waktu curah hujan (hari)
- R₃ = curah hujan dalam 24 jam (mm)
- R₁ = curah hujan dalam t jam (mm)

A.1.4. Metode Empiris

Debit banjir dapat dihitung dengan metode empiris apabila data debit tidak tersedia. Parameter yang didapat bukan secara analitis, tetapi berdasarkan korelasi antara hujan dan karakteristik DPS terhadap banjir, dalam hal ini metode empiris yang dipakai antara lain:

- Metode Hidrograf Satuan

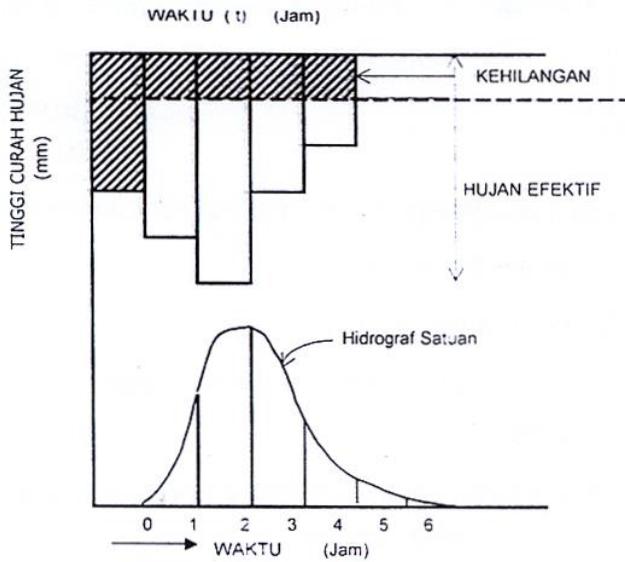
Yang perlu diperhatikan dalam metode ini adalah hujan efektif, aliran dasar dan hidrograf limpasan. Dalam menentukan besarnya banjir dengan hidrograf satuan diperlukan data hujan jam-jaman.

1. Hujan efektif dapat dihitung dengan menggunakan metode φ indeks dan metode Horton

Metode φ indeks, mengasumsikan bahwa besarnya kehilangan hujan dari jam kejam adalah sama, sehingga kelebihan dari curah hujan akan sama dengan volume dari hidrograf aliran.

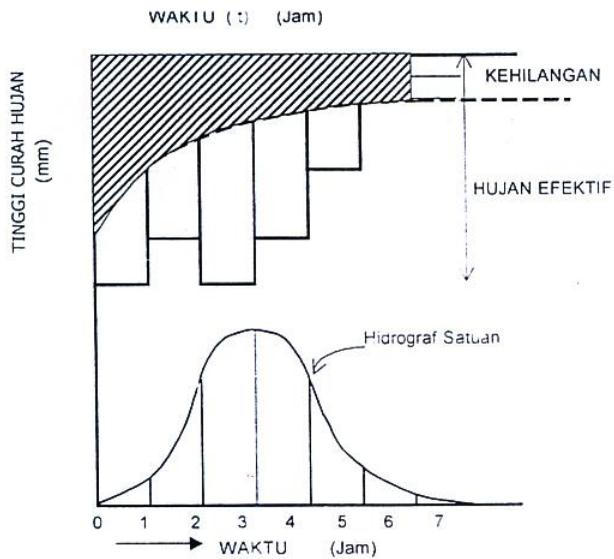
Metode Horton, mengasumsikan bahwa kehilangan debit aliran akan berupa lengkung eksponensial.

2. Hidrograf Limpasan, terdiri dari dua komponen pokok yaitu: debit aliran permukaan dan aliran dasar.

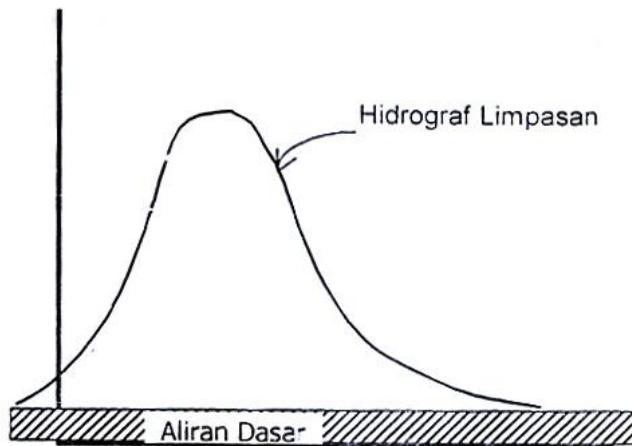


Gambar A.1.8 Metode Indeks ϕ

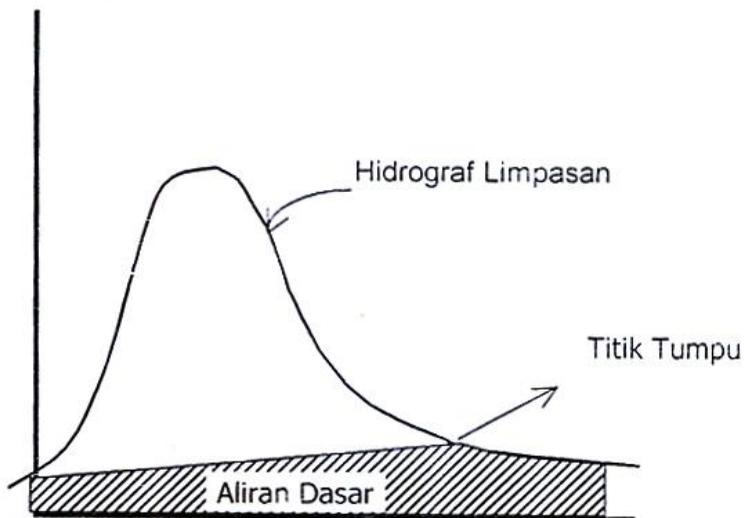
Metode Horton, mengasumsikan bahwa kehilangan debit aliran akan berupa lengkung eksponensial (lihat Gambar A.1.9)



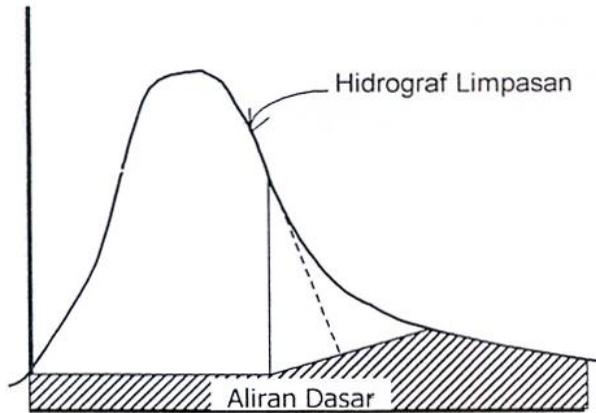
Gambar A.1.9. Metode Horton



Gambar A.1.10 Debit Aliran Dasar Merata dari Permulaan Hujan Sampai Akhir dari Hidrograf Satuan



Gambar A.1.11 Debit Aliran Dasar Ditarik dari Titik Permulaan Hujan Sampai Titik Belok Di Akhir Hidrograf Satuan



Gambar A.1.12. Debit Aliran Dasar Terbagi Menjadi Dua Bagian

3. Besarnya hidrograf banjir dihitung dengan mengalikan besarnya hujan efektif dengan kala ulang tertentu dengan hidrograf satuan yang didapat selanjutnya ditambah dengan aliran dasar.

A.1.5. Metode “Soil Conservation Service” (SCS) – USA

Cara ini dikembangkan dari berbagai data pertanian dan hujan, dengan rumus:

$$Q = \frac{(1-0,25)^2}{1+0,95} \dots\dots\dots (A.1.20)$$

keterangan:

Q = debit aliran permukaan (mm)

I = besarnya hujan (mm)

S = jumlah maksimum perbedaan antara hujan dan debit aliran (mm)

Besaran S dievaluasi berdasarkan kelembaban tanah sebelumnya, jenis tata guna lahan, dan didefinisikan sebagai rumus:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \dots\dots\dots (A.1.21)$$

Tabel A.1.3. Nomor Lengkung untuk Kelompok Tanah dengan Kondisi Hujan Sebelumnya Tipe III dan $I_a = 0,2S$

Lahan Penutup	Perlakuan Terhadap Tanaman	Kondisi Hidrologi	Kelompok Jenis Tanah			
			A	B	C	D
- Belum ditanami	Berjajar lurus		77	86	91	94
- Tanaman berjajar	Berjajar lurus	Jelek	72	81	88	91
	Berjajar lurus	bagus	67	78	85	89
	Dengan kontur	Jelek	70	79	84	88
	Dengan kontur	Bagus	65	75	82	86
	Dengan teras	Jelek	66	74	80	82
	Dengan teras	bagus	62	71	78	81
- Tanaman berbutir (jagung, gandum, dan lain-lain)	Berjajar lurus	Jelek	65	76	84	88
	Berjajar lurus	bagus	63	75	83	87
	Dengan kontur	Jelek	63	75	83	87
	Dengan kontur	Bagus	63	74	81	85
	Dengan teras	Jelek	61	72	79	82
	Dengan teras	bagus	59	70	78	81
- Tanaman legunne (petai cina, turi)	Berjajar lurus	Jelek	66	77	85	89
	Berjajar lurus	bagus	58	72	81	85
	Dengan kontur	Jelek	64	75	83	85
	Dengan kontur	Bagus	55	69	78	83
	Dengan teras	Jelek	63	73	80	83
	Dengan teras	bagus	51	67	76	80
- Padang rumput untuk gembala		Jelek	68	79	86	89
		Sedang	49	69	79	84
	Bagus		39	61	74	80
	Dengan kontur	Jelek	47	67	81	88
	Dengan kontur	Sedang	25	59	75	83
	Dengan kontur	baik	6	35	70	79
- Tanaman rumput		bagus	30	58	71	78
- Pepohonan		jelek	45	66	77	83
	Sedang		36	60	73	79
	Baik		25	55	70	79
- Pertanian lahan kering			59	74	82	86
- Jalan raya			74	84	90	92

Tabel A.1.4. Tingkat Infiltrasi

Kelompok Jenis Tanah	Uraian	Tingkat Infiltrasi (mm/jam)
A	Potensi aliran permukaan rendah, termasuk tanah jenis, dengan sedikit debu dan tanah liat	8 – 12
B	Potensi aliran permukaan sedang, umumnya tanah berpasir, tetapi kurang dari jenis A	4 – 8
C	Antara tinggi dan sedang potensi dari aliran permukaan. Merupakan lapisan tanah atas tidak begitu dalam dan tanahnya terdiri dari tanah liat	1 – 4
D	Mempunyai potensi yang tinggi untuk mengalirkan aliran permukaan	0 - 1

Faktor perubah koefisien aliran C tanah kelompok B menjadi:

Tabel A.1.5. Faktor Perubahan Kelompok Tanah

Lahan Penutup	Kondisi Hidrologi	Group		
		A	B	C
• tanaman berjajar	jelek	0,89	1,09	1,12
• tanaman berjajar	bagus	0,86	1,09	1,14
• tanaman berbutir	jelek	0,86	1,11	1,16
• tanaman berbutir	bagus	0,84	1,11	1,16
• tanaman rumput	putaran bagus	0,81	1,13	1,18
• padang rumput	bagus	0,64	1,21	1,31
• pohon keras	bagus	0,45	1,27	1,40

Tabel A. 1.6. Kondisi Hujan Sebelumnya dan Nomer Lengkung untuk $I_a = 0,2S$

Nomor Lengkung (CN) untuk	Faktor Pengubah CN untuk Kondisi II menjadi		
	Kondisi II	Kondisi I	Kondisi III
10		0,40	2,22
20		0,45	1,85
30		0,50	1,67
40		0,55	1,50
50		0,62	1,40
60		0,67	1,30
70		0,73	1,21
80		0,79	1,14
90		0,87	1,07
100		1,00	1,00

Kondisi	5 Hari Sesudah Hujan Mendahului (mm)		
	Uraian Umum	Musim Kering	Musim Tanam
I	Hujan rendah	< 13	< 36
II	Rata-rata dari kedalaman banjir tahunan	13 - 28	36 – 53
III	Hujan tinggi	> 28	> 53

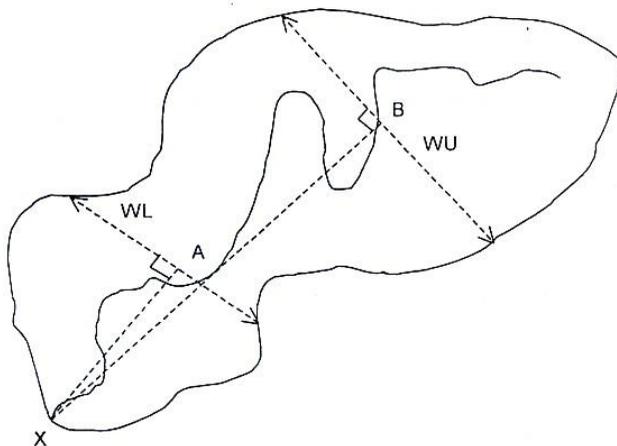
A.1.6. Metode Statistik Gama I

1. Satuan hidrograf sintetik Gama I dibentuk oleh tiga komponen dasar yaitu waktu naik (TR), debit puncak (Qp), waktu dasar (TB) dengan uraian sebagai berikut:
 - a. waktu naik (TR) dinyatakan dengan rumus:

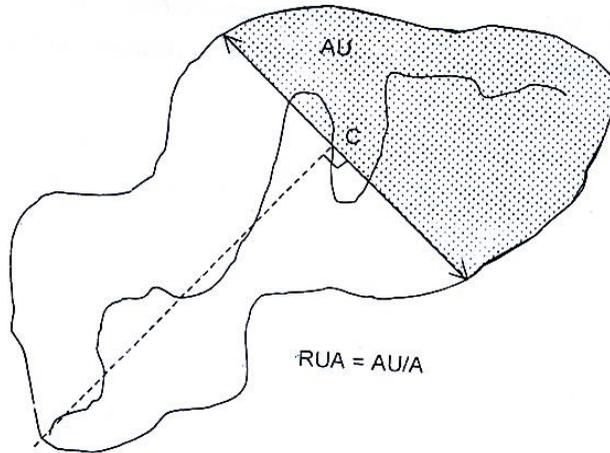
$$TR = 0,43 \left(\frac{L}{100SF} \right)^3 + 1,0665 \text{ SIM} + 1,2775 \dots\dots\dots (A.1.22)$$

keterangan:

- TR = waktu naik (jam)
- L = panjang sungai (km)
- SF = faktor sumber yaitu perbandingan antara jumlah panjang sungai tingkat 1 dengan jumlah panjang sungai semua tingkat
- SIM = faktor simetri ditetapkan sebagai hasil kali antara faktor lebar (WF) dengan luas relatif DAS sebelah hulu (RUA)
- WF = faktor lebar adalah perbandingan antara lebar DPS yang diukur dari titik di sungai yang berjarak $\frac{3}{4} L$ dan lebar DPS yang diukur dari titik yang berjarak $\frac{1}{4} L$ dari tempat pengukuran (lihat Gambar A.1.13.).



Gambar A.1.13. Sketsa Penentuan WF



Gambar A.1.14. Sketsa Penentuan RUA

b. Debit puncak (QP) dinyatakan dengan rumus:

$$QP = 0,1836A^{0,5886}JN^{0,2381}TR^{-0,408} \dots\dots\dots (A.1.23)$$

Keterangan :

QP = debit puncak (m³/det)

JN = jumlah pertemuan sungai (lihat Gambar A.1.14.)

TR = waktu naik (jam)

c. Debit puncak (QP) dinyatakan dengan rumus:

$$TB = 27,4132TR^{0,1457}S^{0,0956}SN^{-0,7344}RUA^{0,2574} \dots\dots\dots (A.1.24)$$

Keterangan :

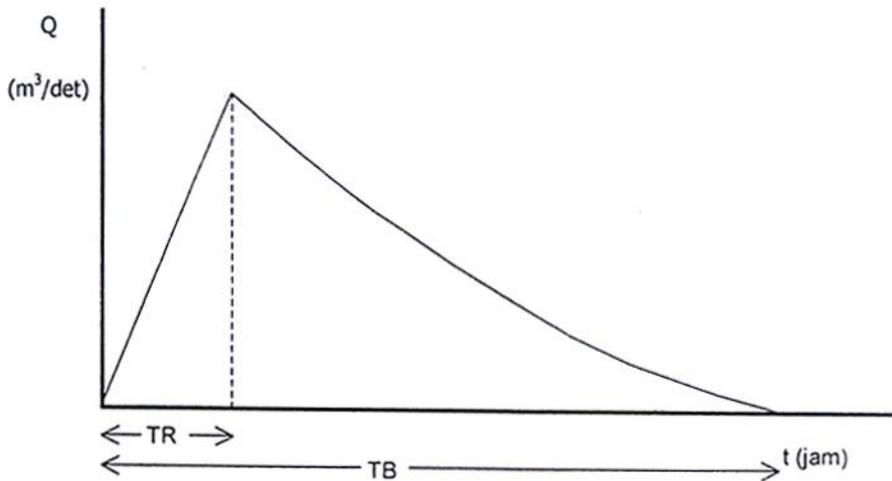
TB = waktu dasar (jam)

TR = waktu naik (jam)

S = landai sungai rata-rata

SN = frekuensi sumber yaitu perbandingan antara jumlah segmen sungai-sungai tingkat 1 dengan jumlah sungai semua tingkat.

RUA = luas DPS sebelah hulu (km), (lihat Gambar A.1.14), sedangkan bentuk grafis dari hidrograf satuan (lihat Gambar A.1.15).



Gambar A.1.15 Hidrograf Satuan

- Hujan efektif didapat dengan cara metode ϕ indeks yang dipengaruhi fungsi luas DPS dan frekuensi sumber SN, dirumuskan sebagai berikut :

$$\phi = 10,4903 - 3,859 \cdot 10^{-6} A^2 + 1,6985 \cdot 10^{-13} (A/SN)^4 \dots\dots\dots (A.1.25)$$

Keterangan :

ϕ = indeks ϕ dalam mm/jam

A = luas DPS, dalam km²

SN = frekuensi sumber, tidak berdimensi

3. Aliran dasar dapat didekati sebagai fungsi luas DPS dan kerapatan jaringan sungai yang dirumuskan sebagai berikut :

$$QB = 0,4751 A^{0,644} D^{0,9430} \dots\dots\dots (A.1.26)$$

Keterangan :

QB = aliran dasar (m³/det)

A = luas DPS (km²)

D = kerapatan jaringan sungai (km/km²)

Besarnya hidrograf banjir dihitung dengan mengalikan bulan efektif dengan kala ulang tertentu dengan hidrograf satuan yang didapat dari rumus-rumus diatas selanjutnya ditambah dengan aliran dasar.

LAMPIRAN II

KEBUTUHAN AIR DI SAWAH UNTUK PADI

A.2.1 Kebutuhan Air di Sawah untuk Padi

A.2.1.1 Umum

Kebutuhan air di sawah untuk padi ditentukan oleh factor-faktor berikut :

1. Penyiapan lahan
2. Penggunaan konsumtif
3. Perkolasi dan rembesan
4. Pergantian lapisan air
5. Curah hujan efektif

Kebutuhan total air di sawah (GFR) mencakup faktor 1 sampai 5. Kebutuhan bersih air di sawah (NFR) juga memperhitungkan curah hujan efektif.

Kebutuhan air di sawah dinyatakan dalam mm/hari atau 1/dt/ha tidak disediakan kelonggaran untuk efisiensi irigasi di jaringan tersier dan utama.

Efisiensi juga dicakup dalam memperhitungkan kebutuhan pengambilan irigasi (m^3/dt)

A.2.1.2 Penyiapan Lahan untuk Padi

Kebutuhan air untuk penyiapan lahan umumnya menentukan kebutuhan maksimum air irigasi pada suatu proyek irigasi. Faktor-faktor penting yang menentukan besarnya kebutuhan air untuk penyiapan lahan adalah :

- a. Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan penyiapan lahan
- b. Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan

1. Jangka Waktu Penyiapan Lahan

Faktor-faktor penting yang menentukan lamanya jangka waktu penyiapan lahan adalah:

- Tersedianya tenaga kerja dan ternak penghela atau traktor untuk menggarap tanah
- Perlunya memperpendek jangka waktu tersebut agar tersedia cukup waktu untuk menanam padi sawah atau padi ladang kedua

Faktor-faktor tersebut saling berkaitan. Kondisi sosial budaya yang ada di daerah penanaman padi akan mempengaruhi lamanya waktu yang diperlukan untuk penyiapan lahan. Untuk daerah-daerah proyek baru, jangka waktu penyiapan lahan akan ditetapkan berdasarkan kebiasaan yang berlaku di daerah-daerah di dekatnya. Sebagai pedoman diambil jangka waktu 1,5 bulan untuk menyelesaikan penyiapan lahan di seluruh petak tersier.

Bilamana untuk penyiapan lahan diperkirakan akan dipakai peralatan mesin secara luas, maka jangka waktu penyiapan lahan akan diambil satu bulan.

Perlu diingat bahwa transplantasi (pemindahan bibit ke sawah) mungkin sudah dimulai setelah 3 sampai 4 minggu di beberapa bagian petak tersier dimana pengolahan lahan sudah selesai.

2. Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan

Pada umumnya jumlah air yang dibutuhkan untuk penyiapan lahan dapat ditentukan berdasarkan kedalaman serta porositas tanah di sawah. Rumus berikut dipakai untuk memperkirakan kebutuhan air untuk penyiapan lahan.

$$PWR = \frac{(S_a - S_b)N.d}{10^4} + Pd + F1 \dots\dots\dots (A.2.1)$$

dimana :

PWR = Kebutuhan air untuk penyiapan lahan, (mm)

S_a = Derajat kejenuhan tanah setelah, penyiapan lahan dimulai, (%)

S_b = Derajat kejenuhan tanah sebelum penyiapan lahan dimulai, (%)

- N = Porositas tanah dalam % pada harga rata-rata untuk kedalaman tanah
 d = Asumsi kedalaman tanah setelah pekerjaan penyiapan lahan (mm)
 Pd = Kedalaman genangan setelah pekerjaan penyiapan lahan, (mm)
 F1 = Kehilangan air di sawah selama 1 hari, (mm)

Untuk tanah berstruktur berat tanpa retak-retak kebutuhan air untuk penyiapan lahan diambil 200 mm. Ini termasuk air untuk penjemuran dan pengolahan tanah. Pada permulaan transplantasi tidak akan ada lapisan air yang tersisa di sawah. Setelah transplantasi selesai, lapisan air di sawah akan ditambah 50 mm. Secara keseluruhan, ini berarti bahwa lapisan air yang diperlukan menjadi 250 mm untuk menyiapkan lahan dan untuk lapisan air awal setelah transplantasi selesai.

Bila lahan telah dibiarkan beda selama jangka waktu yang lama (2,5 bulan atau lebih), maka lapisan air yang diperlukan untuk penyiapan lahan diambil 300 mm, termasuk yang 50 mm untuk penggenangan setelah transplantasi.

Untuk tanah-tanah ringan dengan laju perkolasi yang lebih tinggi, harga-harga kebutuhan air untuk penyediaan lahan bisa diambil lebih tinggi lagi. Kebutuhan air untuk penyiapan lahan sebaiknya dipelajari dari daerah-daerah di dekatnya yang kondisi tanahnya serupa dan hendaknya didasarkan pada hasil-hasil penyiapan di lapangan. Walau pada mulanya tanah-tanah ringan mempunyai laju perkolasi tinggi, tetapi laju ini bisa berkurang setelah lahan diolah selama beberapa tahun. Kemungkinan ini hendaknya mendapat perhatian tersendiri sebelum harga-harga kebutuhan air untuk penyiapan lahan ditetapkan menurut ketentuan diatas.

Kebutuhan air untuk persemaian termasuk dalam harga-harga kebutuhan air diatas.

3. Kebutuhan Air Selama Penyiapan Lahan

Untuk perhitungan kebutuhan irigasi selama penyiapan lahan, digunakan metode yang dikembangkan oleh *Van de Goor dan Zijlstra* (1968). Metode tersebut didasarkan pada laju air konstan dalam $1/dt$ selama periode penyiapan lahan dan menghasilkan rumus berikut :

$$IR = M e^k / (e^k - 1) \dots\dots\dots (A.2.2)$$

Dimana:

IR = Kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan, mm/hari

M = Kebutuhan air untuk mengganti/mengkompensasi kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan $M = E_o + P$, mm/hari

E_o = Evaporasi air terbuka yang diambil 1,1, ET_o selama penyiapan lahan, mm/hari

P = Perkolasi

k = MT/S

T = jangka waktu penyiapan lahan, (hari)

S = Kebutuhan air, untuk penjenuhan ditambah dengan lapisan air 50 mm, yakni $200 + 50 = 250$ mm seperti yang sudah diterangkan diatas.

Untuk menyikapi perubahan iklim yang selalu berubah dan juga dalam rangka penghematan air maka diperlukan suatu metode penghematan air pada saat pasca konstruksi.

Pada saat ini perhitungan kebutuhan air dihitung secara konvensional yaitu dengan metode genangan, yang berkonotasi bahwa metode genangan adalah metode boros air.

Metode perhitungan kebutuhan air yang paling menghemat air adalah metode *Intermittent* yang di Indonesia saat ini dikenal dengan nama SRI atau *System Rice Intensification*.

SRI adalah metode penghematan air dan peningkatan produksi dengan jalan pengurangan tinggi genangan disawah dengan sistem pengaliran terputus putus (intermiten). Metode ini tidak direkomendasi untuk dijadikan dasar perhitungan kebutuhan air, tetapi bisa sebagai referensi pada saat pasca konstruksi.

Tabel A.2.1 memperlihatkan kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan yang dihitung menurut rumus diatas.

Tabel A.2.1. Kebutuhan Air Irigasi Selama Penyiapan Lahan (IR)

M E _o + PMm/hari	T = 30 hari		T = 45 hari	
	S = 250 mm	S = 300 mm	S = 250 mm	S = 300 mm
5,0	11,1	12,7	8,4	9,5
5,5	11,4	13,0	8,8	9,8
6,0	11,7	13,3	9,1	10,1
6,5	12,0	13,6	9,4	10,4
7,0	12,3	13,9	9,8	10,8
7,5	12,6	14,2	10,1	11,1
8,0	13,0	14,5	10,5	11,4
8,5	13,3	14,8	10,8	11,8
9,0	13,6	15,2	11,2	12,1
9,5	14,0	15,5	11,6	12,5
10,0	14,3	15,8	12,0	12,9
10,5	14,7	16,2	12,4	13,2
11,0	15,0	16,5	12,8	13,6

A.2.1.3 Penggunaan Konsumtif

Penggunaan konsumtif dihitung dengan rumus berikut:

$$ET_c = K_c \times ET_o \dots\dots\dots (A.2.3)$$

Dimana : ET_c = Evapotranspirasi tanaman, mm/hari

K_c = Koefisien tanaman

ET_o = Evapotranspirasi tanaman acuan, mm/hari

a. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi tanaman acuan adalah evapotranspirasi tanaman yang dijadikan acuan, yakni rerumputan pendek. ET_o adalah kondisi evaporasi berdasarkan keadaan-keadaan meteorologi seperti:

- Temperatur
- Sinar matahari atau radiasi

- Kelembaban
- Angin

Evapotranspirasi dapat dihitung dengan rumus-rumus teoritis-empiris dengan mempertimbangkan faktor-faktor meteorologi diatas.

Bila evaporasi diukur di stasiun agrometeorologi, maka biasanya digunakan pan Kelas A. harga-harga pan evaporasi (E_{pan}) dikonversi ke dalam angka-angka ET_0 dengan menerapkan faktor pan K_p antara 0,65 dan 0,85 bergantung kepada kecepatan angin, kelembapan relatif serta elevasi.

$$ET_0 = K_p \cdot E_{pan} \dots\dots\dots (A.2.4)$$

Harga-harga faktor pun mungkin sangat bervariasi bergantung kepada lamanya angin bertiup, vegetasi di daerah sekitar dan lokasi pan. Evaporasi pan diukur secara harian, demikian pula harga-harga ET_0 .

Untuk perhitungan evaporasi, diajarkan untuk menggunakan rumus *Penman* yang sudah dimodifikasi, Temperatur, Kelembapan, angin dan sinar matahari (atau radiasi) merupakan parameter dalam rumus tersebut. Data-data ini diukur secara harian pada stasiun-stasiun (agro) meteorologi hitung ET_0 dengan rumus *Penman*.

Untuk rumus *Penman* yang dimodifikasi ada 2 metode yang dapat digunakan :

Metode *Nedeco/Prosida* yang lihat terbitan Dirjen Pengairan, Bina Program PSA 010, 1985 Metode FAO lebih umum dipakai dan dijelaskan dalam terbitan FAO *Crop Water Requirments*, 1975.

Harga-harga ET_0 dari rumus penman menunjuk pada tanaman acuan apabila digunakan *albedo* 0,25 (rerumpunan pendek). Koefisien-koefisien tanaman yang dipakai untuk penghitungan ET_c harus didasarkan pada ET_0 ini dengan *albedo* 0,25

Seandainya data-data meteorologi untuk daerah tersebut tidak tersedia maka harga-harga ET_0 boleh diambil sesuai dengan daerah-daerah disebelahnya. Keadaan-keadaan meteorologi hendaknya diperiksa dengan seksama agar transposisi data

demikian dapat dijamin keandalannya. Keadaan-keadaan temperatur, kelembapan, angin dan sinar matahari diperbandingkan.

Pengguna komsumtif dihitung secara tengah bulanan, demikian pula harga-harga evapotranspirasi acuan. Setiap jangka waktu setengah bulan harga ET_0 ditetapkan dengan analisis frekuensi. Untuk ini distribusi normal akan diasumsikan.

b. Koefisien Tanaman

Harga- harga koefisien tanaman padi terdapat pada Tabel A.2.2. dibawah ini

Tabel A.2.2. Harga-Harga Koefisien¹ Tanaman Padi

Bulan	<i>Nedeco/ Prosida</i>		FAO	
	Varietas ² Biasa	Varietas ³ Unggul	Varietas Biasa	Varietas Unggul
0,5	1,20	1,20	1,10	1,10
1,0	1,20	1,27	1,10	1,10
1,5	1,32	1,33	1,10	1,05
2,0	1,40	1,30	1,10	1,05
2,5	1,35	1,30	1,10	0,95
3,0	1,24	0	1,05	0
3,5	1,12		0,95	
4,0	0 ⁴		0	

Sumber : Dirjen Pengairan, Bina Program PSA. 010, 1985

¹Harga-harga koefisien ini akan dipakai dengan rumus evapotranspirasi Penman yang sudah dimodifikasi, dengan menggunakan metode yang diperkenalkan oleh Nedeco/Prosida atau FAO.

²Varietas padi biasa adalah varietas padi yang masa tumbuhnya lama

³Varietas unggul adalah barietas padi yang jangka waktu tumbuhnya pendek³Selama setengah bulan terakhir pemberian air irigasi ke sawah dihentikan;

⁴Kemudian koefisien tanaman diambil "nol" dan padi akan menjadi masak dengan air yang tersedia

A.2.1.4 Perkolasi

Laju perkolasi sangat bergantung kepada sifat-sifat tanah. Pada tanah-tanah lempung berat dengan karakteristik pengolahan (*puddling*) yang baik, laju perkolasi dapat mencapai 1-3 mm/hari. Pada tanah-tanah yang lebih ringan; laju perkolasi bisa lebih tinggi.

Dari hasil-hasil penyelidikan tanah pertanian dan penyelidikan kelulusan, besarnya laju perkolasi serta tingkat kecocokan tanah untuk pengolahan tanah dapat ditetapkan dan dianjurkan pemakaiannya. Guna menentukan laju perkolasi, tinggi muka air tanah juga harus diperhitungkan. Perembesan terjadi akibat meresapnya air melalui tanggul sawah.

A.2.1.5. Penggantian Lapisan air

Setelah pemupukan, usahakan untuk menjadwalkan dan mengganti lapisan air menurut kebutuhan

Jika tidak ada penjadwalan semacam itu, lakukan penggantian sebanyak 2 kali, masing-masing 50 mm (atau 3,3 mm/ hari selama ½ Bulan) selama sebulan dan dua bulan setelah transplantasi.

A.2.1.6. Curah Hujan Efektif

Untuk irigasi pada curah hujan efektif bulanan diambil 70% dari curah hujan minimum tengah bulanan dengan periode ulang 5 tahun

$$R_e = 0,7x \frac{1}{15} R(\text{setengah bulan}) \dots\dots\dots (A.2.5)$$

Dimana : R_e = Curah hujan efektif, mm/ hari
 R (setengah bulan) 5 = Curah hujan minimum tengah bulanan dengan periode ulang 5 tahun/ mm.

Di daerah-daerah proyek yang besar dimana tersedia data-data curah hujan harian, harus dipertimbangkan untuk diadakan studi simulasi untuk menghasilkan kriteria yang lebih terinci.

A.2.1.7. Perhitungan Kebutuhan Air Di Sawah untuk Petak Tersier

Pada Tabel A.2.3. dan A.2.4 diberikan contoh perhitungan dalam bentuk tabel untuk kebutuhan air di sawah bagi dua tanaman padi varietas unggul di petak tersier.

Disamping penjelasan yang telah diuraikan dalam bagian A.2.1.2. sampai A. 2.1.6, telah dibuat asumsi-asumsi berikut :

- a. Dengan rotasi (alamiah) didalam petak tersier, kegiatan-kegiatan penyiapan lahan di seluruh petak dapat diselesaikan secara berangsur-angsur. Untuk Tabel A.2.3. jangka waktu penyiapan lahan ditentukan satu bulan untuk periode satu mingguan dan untuk Tabel A.2.4. dengan periode dua mingguan. Rotasi alamiah digambarkan dengan pengaturan kegiatan-kegiatan setiap jangka waktu setengah bulan secara bertahap. Oleh karena itu, kolom-kolomnya mempunyai harga-harga koefisien tanaman yang bertahap-tahapnya mempunyai harga koefisien tanaman yang bertahap-tahap.
- b. Transplantasi akan dimulai pada pertengahan bulan kedua dan akan selesai dalam waktu setengah bulan sesudah selesainya penyiapan lahan.
- c. Harga-harga evapotranspirasi tanaman acuan ET_0 , laju perkolasi P dan curah hujan efektif R_e adalah harga-harga asumsi/andaian.
- d. Kedua penggantian lapisan air (WLR) di asumsikan seperti pada bagian A.2.1.5 dan masing-masing WLR dibuat bertahap.

Tabel A.2.3 Kebutuhan Air Di Sawah untuk Petak Tersier
Jangka Waktu Penyiapan Lahan 1,0 Bulan

Bulan (1)	ETo (2)	P (3)	R (4)	WLR (5)	C ₁ (6)	C ₂ (7)	C ₃ (8)	ETc (9)	NFR (10) ¹⁾	
Nov	1 2	5,1	2,0	2,0						
Des	1 2	4,3	2,0	3,6		LP 1,1	LP LP	13,7 ²⁾ 13,7	10,1 ³⁾ 10,1	
Jan	1 2	4,5	2,0	3,8	1,7 1,7	1,1 1,05	1,1 1,1	1,1 1,08	5,0 ⁴⁾ 4,9	4,8 ⁵⁾ 4,8
Feb	1 2	4,7	2,0	4,1	1,7 1,7	1,05 0,95	1,05 1,05	1,05 1,0	4,9 4,7	4,5 4,3
Mar	1 2	4,8	2,0	5,0		0	0,95 0	0,48 0	2,3 0	0 0
Apr	1 2	4,5	2,0	5,3		LP 1,1	LP LP	12,3 ⁶⁾ 12,3	7,0 ⁷⁾ 7,0	
Mei	1 2	3,8	2,0	5,1	1,7 1,7	1,1 1,05	1,1 1,1	1,1 1,08	4,2 4,1	2,8 2,7
Jun	1 2	3,6	2,0	4,2	1,7 1,7	1,05 0,95	1,05 1,05	1,05 1,0	3,8 3,6	3,3 3,1
Jul	1 2	4,0	2,0	2,9		0	0,95 0	0,48 0	1,9 0	0 0
Agt	1 2	5,0	2,0	2,0						
Sep	1 2	5,7	2,0	1,0						
Okt	1	5,7	2,0	1,0						
	2	5,1	2,0	2,0						

1) Kolom 2, 3, 5, 9 dan 10 dalam satuan mm/hari

2) Kebutuhan air total untuk penyiapan lahan : tanaman pertama $M = (1,1 \times 4,3) + 2 = 6,7$ mm/hari. $S = 300$ mm/hari. $IR = 13,7$ mm/hari (Lihat Tabel A.2.1)

3) Kebutuhan air netto untuk penyiapan lahan sama dengan kebutuhan total dikurangi curah hujan efektif rata-rata selama periode penyiapan lahan tanaman pertama $13,7 - 3,6 = 10,1$ mm/hari.

4) $ETc = ETo \times C_1$, koefisien rata-rata tanaman.

5) $NFR = ETc + P - Re + WLR$.

6) Kebutuhan air total untuk penyiapan lahan : tanaman kedua $M = (1,1 \times 4,5) + 2 = 7$ mm/hari. $S = 250$ mm/hari (Tabel A.2.1)

7) Kebutuhan air netto untuk penyiapan lahan sama dengan kebutuhan total dikurangi curah hujan efektif rata-rata selama periode penyiapan lahan tanaman kedua $12,3 - 5,3 = 7,0$ mm/hari.

Tabel A.2.4 Kebutuhan Air Di Sawah untuk Petak Tersier
Jangka Waktu Penyiapan Lahan 1,0 Bulan

Bulan	ET _o	P	R	WL R	C ₁	C ₂	C ₃	C	ET _c	NFR	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11) ¹⁾	
Nov	1 2	5,1	2,0	2,0							
Des	1 2	4,3	2,0	3,6		LP 1,1	LP LP	LP LP	10,7 ²⁾ 10,7	7,0 ³⁾ 7,0	
Jan	1 2	4,5	2,0	3,8	2,2	1,1 1,05	1,1 1,1	LP 1,1	10,7 4,9 ⁴⁾	7,0 5,3 ⁵⁾	
Feb	1 2	4,7	2,0	4,1	2,2 1,1	1,05 0,95	1,05 1,05	1,1 1,05	1,07 1,02	5,0 4,8	5,1 3,8
Mar	1 2	4,8	2,0	5,0	1,1	0	0,95 0	1,05 0,95	0,67 0,32	3,2 1,6	1,3 0
Apr	1 2	4,5	2,0	5,3		LP	LP	LP LP	0 LP	0 9,4 ⁶⁾	0 4,3 ⁷⁾
Mei	1 2	3,8	2,0	5,1		1,1 1,1	LP 1,1	LP LP	LP LP	9,4 9,4	4,3 4,3
Jun	1 2	3,6	2,0	4,2	2,2 2,2	1,05 1,05	1,1 1,05	1,1 1,1	1,08 1,07	3,9 3,9	3,9 3,9
Jul	1 2	4,0	2,0	2,9	1,1 1,1	0,95 0	1,05 0,95	1,05 1,05	1,02 0,67	4,1 2,7	4,3 2,9
Agt	1 2	5,0	2,0	2,0			0	0,95 0	0,32 0	1,6 0	0 0
Sep	1 2	5,7	2,0	1,0							
Okt	1 2	5,7	2,0	1,0							

1) Kolom 2, 3, 5, 10 dan 11 dalam satuan mm/hari

2) Kebutuhan air total untuk penyiapan lahan : tanaman pertama $M = (1,1 \times 4,4) + 2 = 6,8$ mm/hari. $S = 300$ mm/hari. $IR = 10,7$ mm/hari (Lihat Tabel A.2.1)

3) Kebutuhan air netto untuk penyiapan lahan sama dengan kebutuhan total dikurangi curah hujan efektif rata-rata selama periode penyiapan lahan tanaman pertama $10,7 - 3,7 = 7,0$ mm/hari.

4) $ET_c = ET_o \times C_1$, koefisien rata-rata tanaman.

5) $NFR = ET_c + P - Re + WLR$.

6) Kebutuhan air total untuk penyiapan lahan : tanaman kedua $M = (1,1 \times 4,0) + 2 = 6,5$ mm/hari. $S = 250$ mm; $IR = 9,4$ mm/hari (lihat Tabel A.2.1)

7) Kebutuhan air netto untuk penyiapan lahan sama dengan kebutuhan total dikurangi curah hujan efektif rata-rata selama periode penyiapan lahan tanaman kedua $9,4 - 5,1 = 4,3$ mm/hari.

A.2.2 Kebutuhan Air Di Sawah untuk Tanaman Ladang dan Tebu*)

A.2.2.1 Penyiapan Lahan

Masa pra-irigasi diperlukan guna menggarap lahan untuk ditanami dan untuk menciptakan kondisi lembap yang memadai untuk persemaian yang baru tumbuh. Banyaknya air yang dibutuhkan bergantung kepada kondisi tanah dan pola tanam yang diterapkan. Jumlah air 50 sampai 100 mm dianjurkan untuk tanaman ladang dan 100 sampai 120 mm untuk tebu, kecuali jika terdapat kondisi-kondisi khusus (misalnya ada tanaman lain yang ditanam segera sesudah padi).

A.2.2.2 Penggunaan Konsumtif

Seperti halnya untuk padi, dianjurkan bahwa untuk indeks evapotranspirasi dipakai rumus evapotranspirasi *Penman* yang dimodifikasi, sedangkan cara perhitungannya bisa menurut cara FAO atau cara Nedeco/Prosida.

Harga-harga koefisien tanaman disajikan pada Tabel A.2.5. Harga-harga koefisien ini didasarkan pada data-data dari FAO (dengan data-data untuk negara-negara yang paling mirip) dan menggunakan metode untuk menjabarkan koefisien tanaman. Dalam penjabaran harga-harga koefisien ini untuk dipakai secara umum di Indonesia, diasumsikan harga-harga berikut :

- (a) evapotranspirasi harian 5 mm,
- (b) kecepatan angin antara 0 dan 5 m/dt,
- (c) kelembapan relatif minimum 70%
- (d) frekuensi irigasi/curah hujan per 7 hari.

Apabila harga-harga kisaran tersebut dirasa terlalu menyimpang atau tidak sesuai dengan keadaan daerah proyek, maka dianjurkan agar harga-harga koefisien dijabarkan langsung dari FAO *Guideline*.

Untuk tanaman tebu, harga-harga koefisien tanaman ditunjukkan pada Tabel A.2.6. Harga-harga tersebut diambil langsung dari *FAO Guideline*. Untuk tanaman-tanaman lainnya, ambil harga-harga secara langsung dari *FAO Guideline*.

Jika harga-harga jangka waktu pertumbuhan berbeda dari harga-harga yang ditunjukkan, maka dianjurkan agar harga-harga yang ditunjukkan pada Tabel A.2.5 dan A.2.6 diplot dalam bentuk histogram, dan agar harga-harga koefisien dihitung dari histogram-histogram tersebut dengan skala waktu yang dikonversi.

A.2.2.3 Perkolasi

Pada tanaman lading, perkolasi air ke dalam lapisan tanah bawah hanya akan terjadi setelah pemberian air irigasi. Dalam mempertimbangkan efisiensi irigasi, perkolasi hendaknya dipertimbangkan.

A.2.2.4 Curah hujan efektif

Curah hujan efektif dihitung dengan metode yang diperkenalkan oleh *USDA Soil Conservation Service* seperti ditunjukkan pada Tabel A.2.7 dibawah ini, dan air tanah yang tersedia diperlihatkan pada Tabel A.2.8; keduanya diambil dari *FAO Guideline*. Perlu dicatat bahwa metode ini tidak berlaku untuk tanaman padi yang digenangi. Harus diingat pula bahwa harga-harga yang ditunjukkan pada Tabel A.2.7 tidak berlaku untuk laju infiltrasi tanah dan intensitas curah hujan; dan bahwa jika laju infiltrasi rendah serta intensitas curah hujan tinggi, maka kehilangan air karena melimpas mungkin sangat besar sedangkan hal ini tidak diperhitungkan dalam metode ini.

**)disadur dari Dirjen Pengairan. Bina Program PSA 010, 1985*

A.2.2.5 Efisiensi irigasi

Agar diperoleh angka-angka efisiensi yang realistis untuk tanaman lading dan tebu, diperlukan penelitian/riset. Tetapi dengan pemilikan tanah yang kecil serta pertanian yang intensif, khususnya di Jawa, tingkat efisiensi yang tinggi bisa dicapai.

Penggunaan harga-harga berikut dianjurkan :

A.2.3 Kebutuhan Air Pengambilan untuk Padi

A.2.3.1 Rotasi Teknis

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

- berkurangnya kebutuhan pengambilan puncak
- 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
- eksploitasi lebih rumit
- kehilangan air akibat eksploitasi sedikit lebih tinggi
- jangka waktu irigasi untuk tanaman pertama lebih lama, akibatnya lebih sedikit waktu tersedia untuk tanaman kedua
- daur/siklus gangguan serangga; pemakaian insektisida

Tabel A.2.5 Harga-Harga Koefisien untuk Diterapkan dengan Metode Perhitungan
Evapotranspirasi FAO

Tanaman	Jangka tumbuh/hari	½ bulan No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kedelai	85		0,5	0,75	1,0	1,0	0,82	0,45*							
Jagung	80		0,5	0,59	0,96	1,05	1,02	0,95*							
Kacang tanah	130		0,5	0,51	0,66	0,85	0,95	0,95	0,95	0,55	0,55*				
Bawang	70		0,5	0,51	0,69	0,90	0,95*								
Buncis	75		0,5	0,64	0,89	0,95	0,88								
Kapas	195		0,5	0,50	0,58	0,75	0,91	1,04	1,05	1,05	1,05	0,78	0,65	0,65	0,65

* untuk sisanya kurang dari ½ bulan

Catatan :

1. Diambil dari FAO *Guideline for Crop Water Requirements* (Ref.FAO, 1977)
2. Untuk diterapkan dengan metode ET Prosida, kalikan harga-harga koefisien tanaman itu dengan 1,15

Tabel A.2.6 Harga-Harga Koefisien Tanaman Tebu yang Cocok untuk Diterapkan
dengan Rumus Evapotranspirasi FAO

Umur tanaman		Tahap pertumbuhan	RH _{min} < 70%		RH _{min} < 20%	
12 bulan	24 bulan		angin kecil sampai sedang	angin kencang	angin kecil sampai sedang	angin kencang
0 - 1	0 - 2,5	Saat tanam sampai 0,25 rimbun *)	0,55	0,60	0,40	0,45
1 - 2	2,5 - 3,5	0,25 - 0,5 rimbun	0,80	0,85	0,75	0,80
2 - 2,5	3,5 - 4,5	0,5 - 0,75 rimbun	0,90	0,95	0,95	1,00
2,5 - 4	4,5 - 6	0,75 sampai air puncak	1,00	1,10	1,10	1,20
4 - 10	6 - 17	Penggunaan air puncak	1,05	1,15	1,25	1,30
10 - 11	17 - 22	Awal berbunga	0,80	0,85	0,95	1,05
11 - 12	22 - 24	Menjadi masak	0,60	0,65	0,70	0,75

Catatan :

1. Sumber : Ref (FAO, 1977)
2. Untuk diterapkan dengan metode ET Prosida, kalikan masing-masing harga koefisien dengan 1,15

*) rimbun = *full canopy*, maksudnya pada saat tanaman telah mencapai tahap berdaun rimbun, sehingga bila dilihat dari atas tanah di sela-selanya tidak tampak

Tabel A.2.7 Curah Hujan Efektif Rata-Rata Bulanan Dikaitkan dengan Et Tanaman Rata-Rata Bulanan dan Curah Hujan Mean Bulanan (*Mean Monthly Rainfall*) (USDA (SCS), 1969)

Curah hujan bulanan	Mean	12,5	25	37,5	50	62,5	75	87,5	100	112,5	125	137,5	150	162,5	175	187,5	200
	ET tanaman rata-rata bulanan/mm	25	8	16	24												
	50	8	17	25	32	39	46										
	75	9	18	27	34	41	48	56	62	69							
	100	9	19	28	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100			
	125	10	20	30	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	120	
	150	10	21	31	39	49	57	66	74	81	89	97	104	112	119	127	133
	175	11	2	32	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	134	141
	200	11	24	33	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	142	150
	225	12	25	35	47	57	68	78	87	96	106	115	124	132	141	150	159
	250	13	25	38	50	61	72	84	92	102	112	121	132	140	150	158	167

Curah hujan efektif rata-rata bulanan/mm

Apabila kedalaman bersih air yang dapat ditampung dalam tanah pada waktu irigasi lebih besar atau lebih kecil dari 75 mm, harga-harga

Faktor koreksi yang akan dipakai adalah:

Tampungan efektif	20	25	37,5	50	62,5	75	100	125	150	175	200
Faktor tampungan	0,73	0,77	0,86	0,93	0,97	1,00	1,02	1,04	1,06	1,07	1,08

CONTOH :

Diketahui:

Curah hujan mean bulanan = 100 mm; ET tanaman = 150 mm; tampungan efektif = 175 mm

Pemecahan:

Faktor koreksi untuk tampungan efektif = 1,07

Curah hujan efektif $1,07 \times 74 = 79$ mm

Sumber : Ref (FAO, 1977)

Tabel A.2.8 Air Tanah yang Tersedia Bagi Tanaman-Tanaman Ladang
untuk Berbagai Jenis Tanah

Tanaman	Dalamnya Akar (m)	Fraksi Air yang Tersedia	Air Tanah Tersedia yang Siap Pakai (mm)		
			Halus	Sedang	Kasar
Kedelai	0,6 – 1,3	0,50	100	75	35
Jagung	1,0 – 1,7	0,60	120	80	40
Kacang Tanah	0,5 – 1,0	0,40	80	55	25
Bawang	0,3 – 0,5	0,25	50	35	15
Buncis	0,5 – 0,7	0,45	90	65	30
Kapas	1,0 – 1,7	0,65	130	90	40
Tebu	1,2 – 2,0	0,65	130	90	40

Catatan : 1. Sumber Ref (FAO, 1977)

2. Harga-harga ini cocok dengan jenis-jenis tanah jika harga ET tanaman 5 sampai 6 mm/hari

Tabel A.2.9 Harga-Harga Efisiensi Irigasi untuk Tanaman Ladang (*Upland Crops*)

	Awal	Peningkatan yang Dapat Dicapai
Jaringan Irigasi Utama	0,75	0,80
Petak Tersier	0,65	0,75
Keseluruhan	0,50	0,60

Untuk membentuk sistem rotasi teknis, petak tersier dibagi-bagi menjadi sejumlah golongan, sedemikian rupa sehingga tiap golongan terdiri dari petak-petak tersier yang tersebar di seluruh daerah irigasi.

Petak-petak tersier yang termasuk dalam golongan yang sama akan mengikuti pola penggarapan tanah yang sama; penyiapan lahan dan tanam akan dimulai pada waktu yang sama. Kebutuhan air total pada waktu tertentu ditentukan dengan menambahkan besarnya kebutuhan air di berbagai golongan pada waktu itu.

Berhubung petak-petak dalam golongan 1 terletak pada posisi yang menguntungkan, maka diperkenalkanlah sistem rotasi tahunan. Hasil panen dari golongan ini akan pertama kali sampai dipasaran, dengan demikian harga beras tinggi. Jika tahun itu dimulai dari golongan 1, maka tahun berikutnya dimulai dari golongan 2, tahun berikutnya lagi golongan 3, dan seterusnya, sedangkan golongan yang pada tahun sebelumnya menempati urutan pertama, sekarang menempati urutan terakhir.

Didalam petak tersier tidak ada rotasi, oleh sebab itu seluruh petak termasuk dalam satu golongan. Petak-petak tersier, yang tergabung dalam satu golongan, biasanya tersebar diseluruh daerah irigasi. Praktek ini memanfaatkan tenaga kerja, ternak penghela dan air yang tersedia. Untuk menyederhanakan pengelolaan air, dianjurkan agar tiap golongan mempunyai jumlah hektar yang sama.

Kadang-kadang rotasi teknis hanya diterapkan di petak sekunder saja. Seluruh petak tersier yang dilayani oleh satu saluran sekunder termasuk dalam golongan yang sama. Sistem rotasi teknis semacam ini eksplorasinya tidak begitu rumit, tetapi kurang menguntungkan dibanding sistem rotasi pada petak tersier, karena :

- tidak ada dampak pengurangan debit rencana pada saluran sekunder
- kesempatan untuk berbagi tenaga kerja dan ternak penghela diantara petak tersier terbatas karena seluruh petak sekunder mulai menggarap tanah dalam waktu yang bersamaan.

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

Dalam menilai apakah sistem rotasi teknis diperlukan, ada beberapa pertanyaan penting yang harus terjawab, yakni :

- a. dilihat dari pertimbangan-pertimbangan sosial, apakah sistem tersebut dapat diterima dan apakah pelaksanaan dan eksploitasi secara teknis layak

- b. jenis sumber air
- c. sekali atau dua kali tanam
- d. luasnya areal irigasi

Persyaratan-persyaratan serta kesimpulan-kesimpulan mengenai penerapan rotasi teknis disajikan pada Tabel A.2.10.

Harga-harga koefisien pengurangan kebutuhan air puncak di jaringan sekunder dan tersier bisa berbeda-beda. Hal ini bergantung kepada sistem rotasi teknis yang diterapkan, pada petak tersier atau sekunder. Kebutuhan air untuk masing-masing petak akan dihitung sendiri-sendiri.

Tabel A.2.10 Persyaratan untuk Rotasi Teknis

1. Jenis sumber air	musim hujan			terus menerus	
2. Jenis tanaman	umumnya satu tanaman rendengan			tumpang sari	
3. Luas areal irigasi	luas	sedang	kecil	luas	sedang/kecil
	>25,000 ha	10 - 25,000 ha	< 10,000 ha	> 25,000 ha	< 25,000 ha
4. Rotasi golongan	ya	ya/tidak	tidak	ya	ya/tidak
	Perlu mempertimbangkan air yang tersedia di sungai		E&P rumint	- Penghematan dan sumber air permanen - Saluran lebih pendek	Mungkin terlalu rumit

A.2.3.2 Kebutuhan Pengambilan Tanpa Rotasi Teknis

Kebutuhan pengambilan dihitung dengan cara membagi kebutuhan bersih air di sawah NFR dengan keseluruhan efisiensi irigasi. Misalnya kebutuhan bersih air di sawah pada Tabel A.2.3 dan A.2.4 menunjukkan pada Tabel A.2.11 untuk efisiensi irigasi keseluruhan sebesar 65%. Debit rencana pada ruas pertama saluran utama sama dengan kebutuhan pengambilan.

Gambar A.2.1 menyajikan hasil-hasil yang diperoleh dari Tabel A.2.3 dan Tabel A.2.4.

Tabel A.2.11 *Kebutuhan Pengambilan Tanpa Rotasi Teknis*

Bulan		T 1 bulan ¹⁾		T 1,5 bulan	
		NFR ²⁾ mm/hari	DR ³⁾ l/dt.ha	NFR mm/hari	DR l/dt.ha
Nov	1	-	-	-	-
	2	-	-	-	-
Des	1	10,1	1,80	7,0	1,25
	2	10,1	1,80	7,0	1,25
Jan	1	4,9	0,87	7,0	1,25
	2	4,8	0,85	5,3	0,94
Feb	1	4,5	0,80	5,1	0,91
	2	4,3	0,77	3,8	0,68
Mar	1	0	0	1,3	0,23
	2	0	0	0	0
Apr	1	7,0	1,25	0	0
	2	7,0	1,25	4,3	0,77
Mei	1	2,8	0,50	4,3	0,77
	2	2,7	0,48	4,3	0,77
Jun	1	3,3	0,59	3,9	0,69
	2	3,1	0,55	3,9	0,69
Jul	1	0	0	4,3	0,77
	2	0	0	2,9	0,52
Agt	1			0	0
	2			0	0
Sep	1				
	2				
Okt	1				
	2				

T : periode penyiapan lahan

NTR : kebutuhan bersih air di sawah

DR : kebutuhan pengambilan

Tabel A.2.12 Kebutuhan Pengambilan dengan 3 Golongan dan Jangka Waktu Penyiapan Lahan Satu Bulan

Bulan (1)	NFR				DR ⁴⁾ (6)	
	G1 ¹⁾ (2)	G2 ²⁾ (3)	G3 (4)	G ³⁾ (5)		
Nov	1					
	2					
Des	1	10,1			3,7	0,60
	2	10,1	10,1		6,7	1,20
Jan	1	4,9	10,1	10,1	8,4	1,49
	2	4,8	4,9	10,1	6,6	1,18
Feb	1	4,5	4,7	4,8	4,7	0,83
	2	4,3	4,5	4,7	4,5	0,80
Mar	1	0	3,5	3,7	2,4	0,43
	2	0	0	3,5	1,2	0,80
Apr	1	7,0	0	0	2,3	0,42
	2	7,0	6,9	0	4,6	0,83
Mei	1	2,8	6,9	6,7	5,5	0,97
	2	2,7	2,8	6,7	4,1	0,72
Jun	1	3,3	3,5	3,5	3,4	0,61
	2	3,1	3,5	3,4	3,3	0,59
Jul	1	0	4,8	5,0	3,3	0,58
	2	0	0	4,8	1,6	0,28
Agt	1		0	0,4	0,1	0,02
	2			0	0	0
Sep	1					
	2					
Okt	1					
	2					

1)NFR G1 : kebutuhan bersih/netto air di sawah, seperti pada Tabel A.2.1

2)NFR G2 : sama, tapi mulai per 2 Des

3)NFR G : rata-rata G1, G2, G3

4)DR : kebutuhan pengambilan dengan efisiensi irigasi 65% (5) dibagi dengan $8,64 \times 0,65$

Tabel A.2.13 Kebutuhan Pengambilan dengan 4 Golongan dan Jangka Waktu Penyiapan Lahan Satu Bulan

Bulan (1)	NFR					DR ⁴⁾ (7)	
	G1 ¹⁾ (2)	G2 ²⁾ (3)	G3 (4)	G4 (5)	G ³⁾ (6)		
Nov	1 2						
Des	1 2	10,1 10,1				2,5 5,1	0,45 0,90
Jan	1 2	4,9 4,8	10,1 4,9	10,1 10,1		6,3 7,5	1,12 1,33
Feb	1 2	4,5 4,3	4,7 4,5	4,8 4,7	10,1 4,8	6,0 4,6	1,07 0,81
Mar	1 2	0 0	3,5 0	3,7 3,5	3,9 3,7	2,8 1,8	0,49 0,32
Apr	1 2	7,0 7,0	0 6,9	0 0	2,9 0	2,5 3,5	0,44 0,62
Mei	1 2	2,8 2,7	6,9 2,8	6,7 6,7	0 7,2	3,7 4,9	0,66 0,68
Jun	1 2	3,3 3,1	3,5 3,5	3,5 3,4	7,2 3,5	4,4 3,4	0,78 0,60
Jul	1 2	0 0	4,8 0	5,0 4,8	5,1 5,0	3,7 2,5	0,66 0,44
Agt	1 2		0	0,4 0	6,7 4,1	1,8 1,0	0,32 0,18
Sep	1 2				0	0	0
Okt	1 2						

1)NFR G1 : kebutuhan bersih/netto air di sawah, seperti pada Tabel A.2.3

2)NFR G2 : sama, tapi mulai per 2 Des

3)NFR G : rata-rata G1, G2, G3

4)DR : kebutuhan pengambilan dengan efisiensi irigasi 65% (6) dibagi dengan $8,64 \times 0,65$

Tabel A.2.14 Kebutuhan Pengambilan dengan 5 Golongan dan Jangka Waktu Penyiapan Lahan Satu Bulan

Bulan (1)	NFR						DR ⁴⁾ (8)	
	G1 ¹⁾ (2)	G2 ²⁾ (3)	G3 (4)	G4 (5)	G5 (6)	G ³⁾ (7)		
Nov	1							
	2	11,3					2,3	0,40
Des	1	11,3	10,1				4,3	0,76
	2	4,8	10,1	10,1			5,0	0,89
Jan	1	4,9	4,9	10,1	10,1		6,0	1,07
	2	4,6	4,8	4,9	10,1	10,1	6,9	1,23
Feb	1	4,3	4,5	4,7	4,8	10,1	5,7	1,01
	2	0	4,3	4,5	4,7	4,8	3,7	0,65
Mar	1	0	0	3,5	3,7	3,9	3,4	0,40
	2	7,3	0	0	3,5	3,7	2,9	0,52
Apr	1	7,3	7,0	0	0	2,9	3,4	0,61
	2	3,4	7,0	6,9	0	0	3,5	0,62
Mei	1	2,7	2,8	6,9	6,7	0	3,8	0,68
	2	2,6	2,7	2,8	6,7	7,2	4,4	0,78
Jun	1	3,1	3,3	3,5	3,5	7,2	4,1	0,73
	2	0	3,1	3,5	3,4	3,5	2,7	0,48
Jul	1	0	0	4,8	5,0	5,1	3,0	0,53
	2		0	0	4,8	5,0	2,0	0,35
Agt	1			0	0,4	6,7	1,4	0,25
	2				0	4,1	0,8	0,15
Sep	1					0	0	0
	2							
Okt	1							
	2							

1)NFR G2 : kebutuhan bersih/netto air di sawah, seperti pada Tabel A.2.3

2)NFR G1 : sama, tapi mulai per Nov 2

3)NFR G : rata-rata G1, G2, G3, G4

4)DR : kebutuhan pengambilan dengan efisiensi irigasi 65% (5) dibagi dengan 8,64 x 0,65

Tabel A.2.15 Kebutuhan Pengambilan dengan 4 Golongan dan Jangka Waktu Penyiapan Lahan 1,5 Bulan

Bulan (1)	NFR					DR ⁴⁾ (7)	
	G1 ¹⁾ (2)	G2 ²⁾ (3)	G3 (4)	G4 (5)	G ³⁾ (6)		
Nov	1						
	2						
Des	1	7,0				1,8	0,31
	2	7,0	7,0			3,5	0,62
Jan	1	7,0	7,0	6,9		5,2	0,93
	2	5,3	7,0	6,9	6,9	6,5	1,16
Feb	1	5,1	5,2	6,9	6,9	6,0	1,07
	2	3,8	5,1	5,2	6,9	5,3	0,93
Mar	1	1,4	3,0	4,3	4,4	3,3	0,58
	2	0	1,3	3,0	4,3	2,2	0,38
Apr	1	0	0	0,8	2,4	0,8	0,14
	2	4,3	0	0	0,8	1,23	
Mei	1	4,3	4,4	0	0	2,2	0,39
	2	4,3	4,4	4,6	0	3,3	0,59
Jun	1	3,9	4,4	4,6	5,5	4,6	0,82
	2	3,9	3,9	4,6	5,5	4,5	0,80
Jul	1	4,3	5,6	5,6	5,5	5,3	0,93
	2	2,9	4,3	5,6	5,6	4,6	0,82
Agt	1	0	4,5	6,2	7,6	4,6	0,81
	2	0	0	4,5	6,2	2,7	0,48
Sep	1		0	0,8	5,9	1,7	0,30
	2			0	3,9	1,0	0,17
Okt	1						
	2						

1)NFR G2 : kebutuhan bersih/netto air di sawah, seperti pada Tabel A.2.4

2)NFR G1 : sama, tapi mulai per Des 2

3)NFR G : rata-rata G1, G2, G3, G4

4)DR : kebutuhan pengambilan dengan efisiensi irigasi 65% (6) dibagi dengan 8,64 x 0,65

Tabel A.2.16 Kebutuhan Pengambilan dengan 5 Golongan dan Jangka Waktu Penyiapan
Lahan 1,5 Bulan

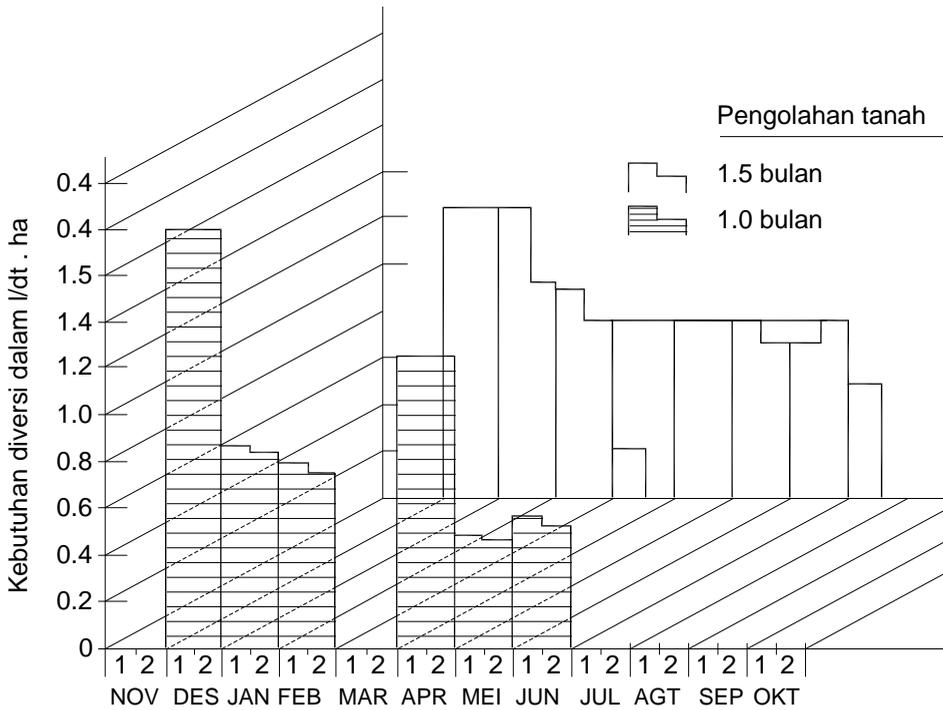
Bulan (1)	NFR						DR ⁴⁾ (8)	
	G1 ¹⁾ (2)	G2 ²⁾ (3)	G3 (4)	G4 (5)	G5 (6)	G ³⁾ (7)		
Nov	1							
	2	7,7				1,5	0,27	
Des	1	7,7	7,0			2,9	0,52	
	2	7,7	7,0	7,0		4,3	0,77	
Jan	1	5,3	7,0	7,0	6,9		5,2	0,93
	2	5,2	5,3	7,0	6,9	6,9	6,3	1,11
Feb	1	3,8	5,1	5,2	6,9	6,9	5,6	0,99
	2	2,2	3,8	5,1	5,2	6,9	4,6	0,83
Mar	1	0	1,4	3,0	4,3	4,4	2,6	0,47
	2	0	0	1,3	3,0	4,3	1,7	0,31
Apr	1	4,4	0	0	0,8	2,4	1,5	0,27
	2	4,4	4,3	0	0	0,8	1,9	0,34
Mei	1	4,4	4,3	4,4	0	0	2,6	0,47
	2	3,3	4,3	4,4	4,6	0	3,3	0,59
Jun	1	3,9	3,9	4,4	4,6	5,5	4,5	0,79
	2	2,6	3,9	3,9	4,6	5,5	4,1	0,73
Jul	1	2,9	4,3	5,6	5,6	5,5	4,8	0,85
	2	0	2,9	4,3	5,6	5,6	3,7	0,66
Agt	1	0	0	4,5	6,2	7,6	3,7	0,65
	2		0	0	4,5	6,2	2,1	0,38
Sep	1			0	0,8	5,9	1,3	0,24
	2				0	3,0	0,8	0,14
Okt	1						0	0
	2							

1)NFR G2 : kebutuhan bersih/netto air di sawah, seperti pada Tabel A.2.3

2)NFR G1 : sama, tapi mulai per Nov 2

3)NFR G : rata-rata G1, G2, G3, G4

4)DR : kebutuhan pengambilan dengan efisiensi irigasi 65% (7) dibagi dengan 8,64 x 0,65



Gambar A.2.1 Kebutuhan Pengambilan Tanpa Rotasi Teknis Periode Satu Mingguan

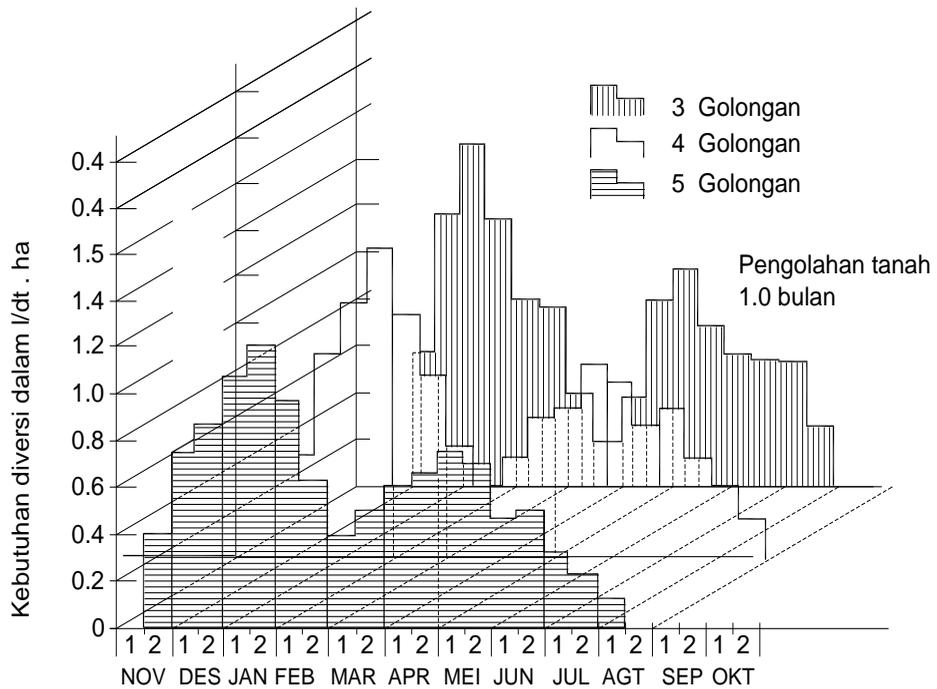
A.2.3.3 Kebutuhan Pengambilan dengan Rotasi Teknis

Kebutuhan pengambilan pada waktu tertentu dihitung dengan menjumlah besarnya kebutuhan air semua golongan.

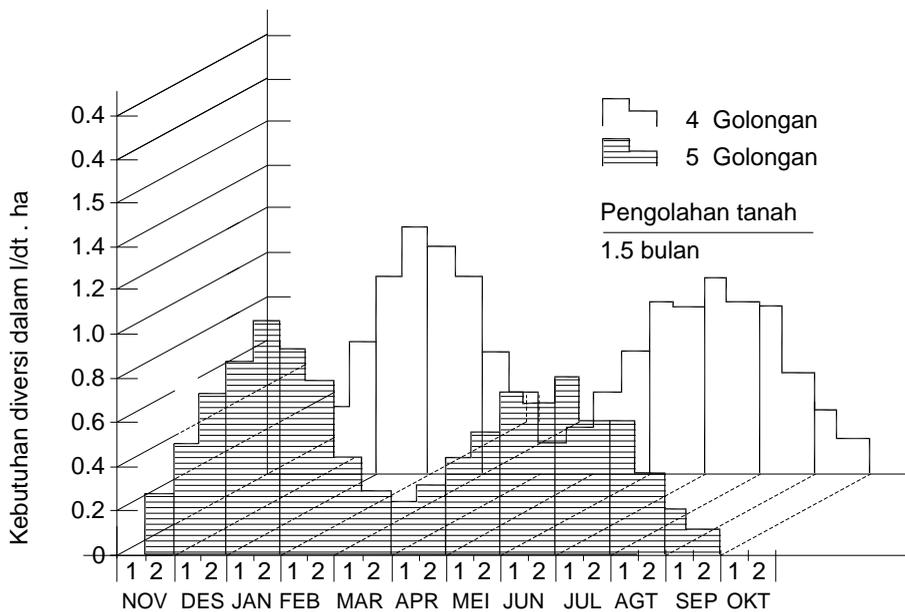
Ini ditunjukkan dalam bentuk tabel seperti terlihat pada Tabel A.2.9 sampai A.2.16.

Efisiensi irigasi total pada contoh-contoh Tabel tersebut diambil 65%. Areal masing-masing golongan diandaikan sama luasnya.

Gambar A.2.2 dan A.2.3 memperlihatkan hasil-hasilnya dalam bentuk grafik. Hasil-hasil tersebut dengan jelas menunjukkan bahwa dengan adanya sistem golongan, kebutuhan pengambilan menjadi lebih efektif dan efisien.



Gambar A.2.2 Kebutuhan Pengambilan dengan Rotasi Teknis Periode 1 Bulan



Gambar A.2.3 Kebutuhan Pengambilan dengan Rotasi Teknis Periode 1,5 Bulan

LAMPIRAN III

ANALISIS DAN EVALUASI DATA HIDROMETEOROLOGI

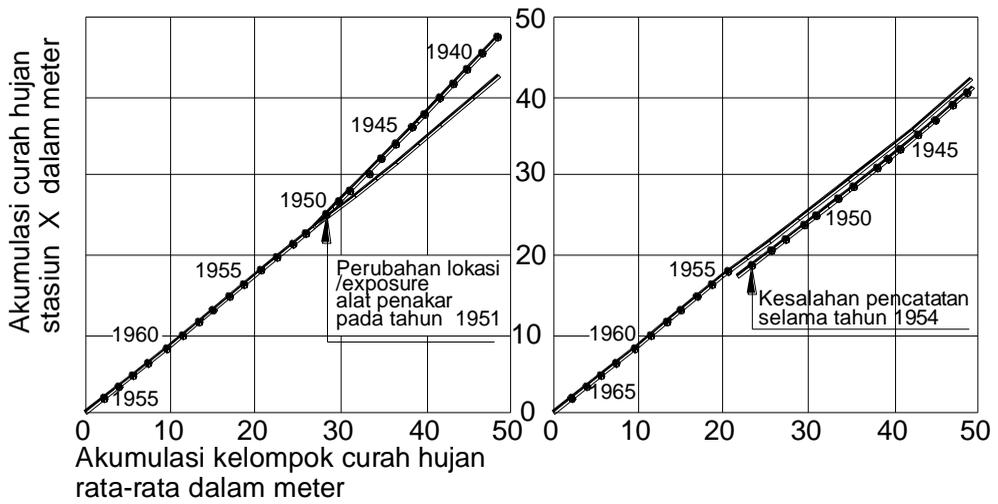
A.3.1 Curah Hujan

Sebelum melakukan pemrosesan data apa pun, buku-buku data curah hujan perlu dicek dahulu secara visual. Curah hujan tertinggi harian harus realistis, jika tidak jangan dipakai.

Secara kebetulan jumlah curah hujan bulanan yang diulangi bisa saja bulan-bulan yang sama. Angka-angka harian yang dibulatkan mungkin menunjukkan pembacaan yang tidak tepat atau tidak andal.

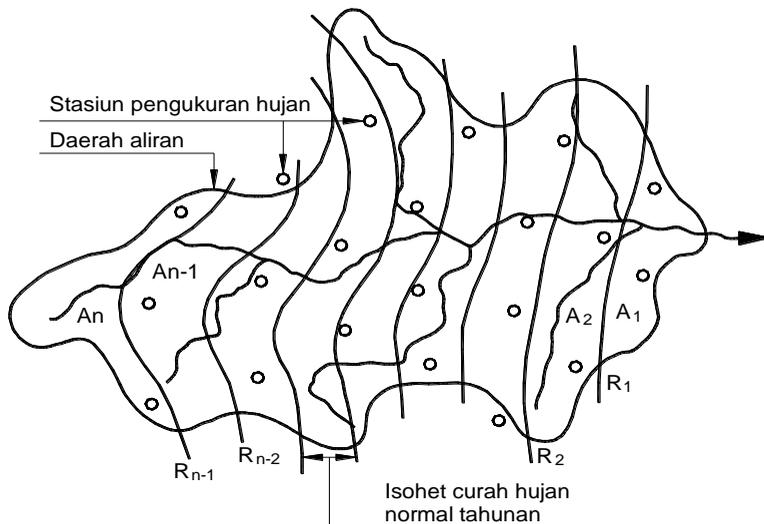
Data curah hujan bulanan atau tahunan akan dicek dengan *double massplot* antara stasiun-stasiun hujan dan/atau dengan tempat pengukuran terdekat di luar daerah studi untuk mengetahui perubahan lokasi atau exposure penakar hujan (lihat Gambar A.3.1). Bila jangka waktu pengamatan terlalu pendek, maka data-data antar tempat pengukuran akan diperbandingkan.

Menjelang penentuan parameter perencanaan akan ada lebih banyak studi umum mengenai curah hujan (tinggi curah hujan) di daerah aliran sungai. Jumlah curah hujan tahunan serta distribusinya untuk setiap bulannya akan ditetapkan. Hal-hal yang sifatnya musiman dan variasi sepanjang tahun/bulan maupun tempat akan ditentukan. Perbedaan-perbedaan tempat akan memperjelas pengaruh/efek ketinggian dan orografis (pegunungan).



Gambar A.3.1 Analisis *Double Mass*

Analisis ini dapat mengacu kepada peta isohet untuk curah hujan tahunan rata-rata (lihat Gambar A.3.2). Dengan informasi ini akan diperoleh pengetahuan tertentu mengenai curah hujan untuk membimbing ahli irigasi dalam tahap studi dan pengenalan.



Gambar A.3.2 Peta Isohet

Jumlah stasiun hujan yang diperlukan untuk analisis seperti ini tidak bisa dipastikan dengan aturan yang sederhana. Jumlah yang diperlukan sangat bergantung pada besarnya variasi curah hujan menurut waktu dan daerah, dan ketepatan yang menjadi dasar variasi yang akan dicatat ini. Dengan mempertimbangkan catatan curah hujan harian, maka suatu pedoman dapat mempunyai sekurang-kurangnya satu tempat stasiun hujan per 50 km² untuk daerah yang berbukit-bukit/bergunung-gunung, dan satu untuk daerah-daerah pantai yang landai sampai per 100 km².

Persyaratan ini pada umumnya tidak akan bisa dipenuhi pada waktu dilakukan studi daerah aliran sungai. Studi mengenai curah hujan lokal/daerah mungkin akan menghasilkan pedoman umum untuk interpretasi; studi ini mungkin sudah dilaksanakan dalam rangka kegiatan-kegiatan lain. Transposisi (pemindahan) data dari daerah aliran sungai disebelahnya yang memiliki persamaan-persamaan adalah suatu cara pemecahan yang dapat diterima guna memperluas basis data curah hujan pada daerah aliran yang bersangkutan. Elevasi, musim (*seasonality*) dan orientasi harus sungguh-sungguh diperhatikan sewaktu melakukan transposisi data curah hujan. Isohet yang didasarkan pada data jangka panjang diseluruh daerah studi dan daerah aliran sungai disekitarnya harus dipakai untuk mengecek ketepatan dan kesahihan transposisi tahunan. Data bulanan rata-rata untuk seluruh tempat-tempat penakaran yang berdekatan harus diperiksa untuk memastikan kemiripan di antara tempat-tempat penakaran tersebut.

Untuk menentukan harga koefisien pengurangan luas daerah hujan B, akan diperlukan studi curah hujan yang terinci guna mengetahui curah hujan efektif, curah hujan lebih dan curah hujan badai. Distribusi curah hujan yang meliputi jangka waktu pendek dan areal seluas 100 ha akan diselidiki.

Harga-harga koefisien B biasanya didasarkan pada hasil-hasil penelitian curah hujan yang tersedia di daerah-daerah yang (jika mungkin) serupa.

Analisis curah hujan efektif dan curah hujan lebih didasarkan pada data-data curah hujan harian. Parameter curah hujan efektif didasarkan pada jumlah curah hujan tengah-bulanan dan curah hujan lebih didasarkan pada jumlah curah hujan 1 dan 3-harian untuk setiap bulannya.

Harga-harga curah hujan efektif dan curah hujan lebih dengan ditentukan dengan kemungkinan tak terpenuhi 20%, ditentukan dengan menggunakan cara analisis frekuensi. Distribusi frekuensi normal atau log-normal dan harga-harga sekali setiap 20% bisa dengan mudah diketemukan dengan cara interpretasi grafik pada kertas pencatat kemungkinan normal dan kemudian log-normal.

Untuk analisis frekuensi curah hujan harian yang ekstrem, dapat digunakan harga-harga yang dipakai dalam perhitungan banjir *Gumbel*, *Weibull*, *Pearson* atau distribusi ekstrem. Distribusi yang dianjurkan disini hanyalah suatu sarana untuk menilai harga-harga ekstrem tersebut dengan frekuensi kejadiannya. Distribusi yang diterapkan adalah yang paling cocok.

Analisis frekuensi sebaiknya dilakukan dengan interpretasi grafis karena alasan – alasan berikut :

- cara ini sederhana dan cepat untuk data-data yang biasanya terbatas
- hubungan antara kurve dengan titik-titik yang diplot bisa langsung dilihat
- frekuensi data historis dapat diperlihatkan dan dimasukkan
- Analisis curah hujan yang dibicarakan dalam bagian ini disajikan pada Tabel A.3.1.

Tabel A.3.1 Analisis Curah Hujan

Cek Data	Analisis & Evaluasi	Parameter Perencanaan
Jumlah	distribusi musiman/bulanan	<u>Curah hujan efektif</u> Berdasarkan curah hujan rata2 tengah-bulanan, kemungkinan tak terpenuhi 20% dgn distribusi frekuensi normal/ log-normal
Harga 2 tinggi	distribusi tahunan	<u>Kelebihan curah hujan</u> Maks. 3 hr dengan kemungkinan tak terpenuhi 20% dengan distribusi frekuensi normal/log-normal
<i>double massplot</i>	isohet tahunan	
stasiun referensi di luar	efek orografis, angin, ketinggian	
	transposisi jika rangkaian data meli-puti waktu terlalu pendek	<u>Curah hujan lebat</u> Curah hujan maks. 1 hari dengan kemungkinan tak terpenuhi 20% - 4% - 1% - 0,1% dengan distribusi frekuensi ekstrem
	curah hujan lebat	

A.3.2 Banjir Rencana

Untuk menentukan banjir rencana ada 3 metode analisis yang dapat diikuti, yakni :

- analisis frekuensi data banjir
- perhitungan banjir empiris dengan menggunakan hubungan curah hujan-limpasan air hujan
- pengamatan lapangan

A.3.2.1 Catatan Data Banjir

Analisis frekuensi debit membutuhkan rangkaian catatan dasar data banjir yang lengkap yang mencakup jangka waktu 20 tahun, jika mungkin.

Rangkaian banjir maksimum tahunan akan dianalisis frekuensinya. Distribusi kemungkinan *Gumbel* bisa mulai diasumsi; sebaiknya dipakai metode grafik, untuk itu dapat digunakan kertas kemungkinan (*probability paper*) *Gumbel* atau log

Gumbel. Banjir rencana didapat dengan cara memperpanjang kurve frekuensi sampai pada periode ulang rencana yang diperlukan.

Biasanya catatan data banjir, jika ada, hanya meliputi jangka waktu yang lebih pendek, atau meliputi jangka waktu yang lama tetapi tidak teratur. Metode POT (*peaks over threshold*: debit puncak diatas ambang) dapat dipakai apabila tersedia catatan banjir yang meliputi paling tidak jangka waktu 2 tahun berturut-turut. Dari catatan tersebut debit puncak yang melebihi harga ambang yang disepakati secara sembarang q_0 , dapat diketahui. Ini menghasilkan harga puncak M dengan harga rata-rata q_p diatas jangka waktu pencatatan total N tahun.

Banjir rata-rata tahunan dihitung dengan cara yang diperkenalkan oleh DPMA, 1903 sebagai berikut :

$$MAF = q_0 + (q_p - q_0)(0,58 + 1n \lambda) \dots \dots \dots (A.3.1)$$

dimana :

MAF = banjir rata-rata tahunan, m^3/dt

q_0 = debit ambang, m^3/dt

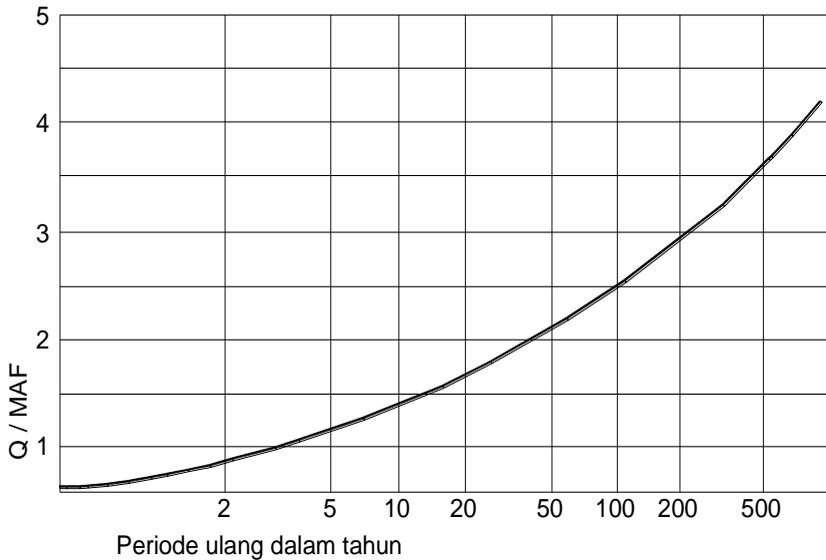
q_p = debit puncak rata-rata, m^3/dt

λ = M/N

M = jumlah harga-harga puncak

N = jumlah tahun

Debit rencana ditentukan dengan menggunakan Gambar A.3.3.



Gambar A.3.3 Faktor Frekuensi Tumbuh (*Frequency Growth Factors*)

A.3.2.2 Hubungan Empiris

Kurangnya data banjir, keadaan yang umum dijumpai dan perencanaan irigasi, berakibat dikembangkannya suatu hubungan curah hujan-limpasan air hujan yang didasarkan pada rumus rasional berikut :

$$Q = \alpha\beta q A \dots\dots\dots (A.3.2)$$

dimana:

Q = debit banjir (puncak), dalam m³/dt

α = koefisien limpasan air hujan

β = koefisien pengurangan luas daerah hujan

q = curah hujan, m³/dt.km²

A = luas daerah aliran sungai, km²

Ada dua metode yang umum dipakai, yakni :

- Metode *Der Weduwen* untuk daerah aliran sungai sampai dengan 100 km²
- *Melchior* untuk daerah aliran sungai lebih dari 100 km²

Kedua metode tersebut telah menghasilkan hubungan untuk α , β dan q . Waktu konsentrasi (jangka waktu dari mulainya turun hujan sampai terjadinya debit puncak) diambil sebagai fungsi debit puncak, panjang sungai dan kemiringan rata – ratanya.

Selanjutnya lihat Lampiran 1 Bagian ini.

A.3.2.3 Pengamatan Lapangan

Pengamatan langsung mengenai tinggi banjir oleh penduduk setempat atau dari tanda-tanda yang ada dapat memberikan informasi mengenai debit-debit puncak. Konversi keterangan tentang tinggi banjir menjadi data debit puncak dapat dilakukan dengan ketepatan yang terbatas saja. Penilaian tentang koefisien kekasaran saluran, kemiringan energi dan kedalaman gerusan selama terjadinya banjir puncak akan menghasilkan perhitungan yang tidak pasti dan tidak tepat. Tetapi metode itu merupakan cara yang bagus untuk menilai apakah harga banjir puncak yang diperoleh untuk A.3.2.1 dan A.3.2.2 adalah masuk akal. Apabila dijumpai tinggi banjir yang terjadi secara luar biasa, maka debit puncak yang didapat mungkin sangat membantu dalam menentukan kurve frekuensi banjir untuk periode-periode ulang yang lebih tinggi. Seandainya luas daerah aliran sungai terlalu sulit ditentukan, maka cara itu adalah cara satu-satunya untuk menentukan debit banjir.

Analisis debit rencana yang dibicarakan dalam pasal ini disimpulkan pada Tabel 4.4, Bab 4.

A.3.3 Debit Andalan

A.3.3.1 Umum

Untuk penentuan debit andalan ada 3 metode analisis yang dapat dipakai, yaitu :

- analisis frekuensi data debit,
- neraca air,
- pengamatan lapangan.

Debit andalan pada umumnya dianalisis sebagai debit rata-rata untuk periode tengah-bulanan. Kemungkinan tak terpenuhi ditetapkan 20% (kering) untuk menilai tersedianya air berkenaan dengan kebutuhan pengambilan (*diversion requirement*).

Dalam menghitung debit andalan harus mempertimbangkan air yang diperlukan di hilir pengambilan. Namun apabila data hidrologi tidak ada maka perlu ada suatu metode lain sebagai pembanding.

A.3.3.2 Catatan Debit

a. Data cukup

Untuk keperluan analisis frekuensi, akan lebih baik jika tersedia catatan debit yang mencakup jangka waktu 20 tahun atau lebih. Dalam prakteknya hal ini sulit dipenuhi.

Catatan debit biasanya didasarkan pada catatan tinggi muka air di tempat-tempat pengukuran debit di sungai. Muka air harian dikonversi menjadi debit dengan menggunakan hubungan antara tinggi muka air – debit (kurve Q-h). Kurve ini harus dicek secara teratur dengan memperhatikan perubahan-perubahan yang mungkin terjadi di dasar sungai. Rata-rata tengah-bulanan dihitung dari harga-harga debit harian.

Analisis frekuensi akan dilakukan untuk setiap setengah-bulanan dengan menggunakan rata-rata tengah-bulanan yang telah dihitung tersebut. Frekuensi distribusi normal bisa mulai dihitung untuk harga-harga plotting diatas kertas logaritmis.

Sebelum memulai menganalisis data debit, kurve/lengkung debit, metode-metode penghitungan dan pengukuran debit akan diperiksa. Tempat-tempat pengukuran di sungai akan dikunjungi, pengoperasiannya diperiksa dan keadaan dasar sungai diperiksa untuk mengetahui apakah ada kemungkinan terjadinya perubahan akibat agradasi atau degradasi dan penggerusan selama banjir. Data tinggi muka air akan diperiksa secara visual dan grafis akan dicek keandalannya. Bandingkan curah hujan

rata-rata di daerah aliran sungai dengan debit rata-rata tahunan dan perkiraan kehilangan rata-rata tahunan. Gunakan harga-harga kehilangan rata-rata tahunan untuk membuat perbandingan antara curah hujan tahunan di daerah aliran sungai dengan debit tahunan. Selidiki perkembangan-perkembangan yang terjadi di daerah aliran sungai dan di sungai disebelah hulu tempat-tempat pengukuran yang mungkin telah mempengaruhi debit sungai. Pengembangan irigasi di hulu akan mempengaruhi aliran yang lebih rendah di tempat-tempat pengukuran di hilir; catatan debit akan dikoreksi untuk abstraksi (ringkasan) ini.

b. Data yang tersedia terbatas

Jika hanya tersedia catatan data dengan liputan waktu yang pendek (5 tahun), maka analisis frekuensi dapat dilakukan dengan menilai frekuensi relatif masing-masing harga tengah-bulanan musim kering. Debit musim kering dibandingkan dengan curah hujan di daerah aliran sungai menjelang musim kering tersebut dan diberi frekuensi yang sama dengan curah hujan sebelumnya. Hal ini mengandaikan tersedianya catatan curah hujan yang mencakup jangka waktu yang lama, berdasarkan data tersebut kemungkinan/probabilitas dapat dinilai dengan lebih mantap.

A.3.3.3 Neraca air (*water balance*)

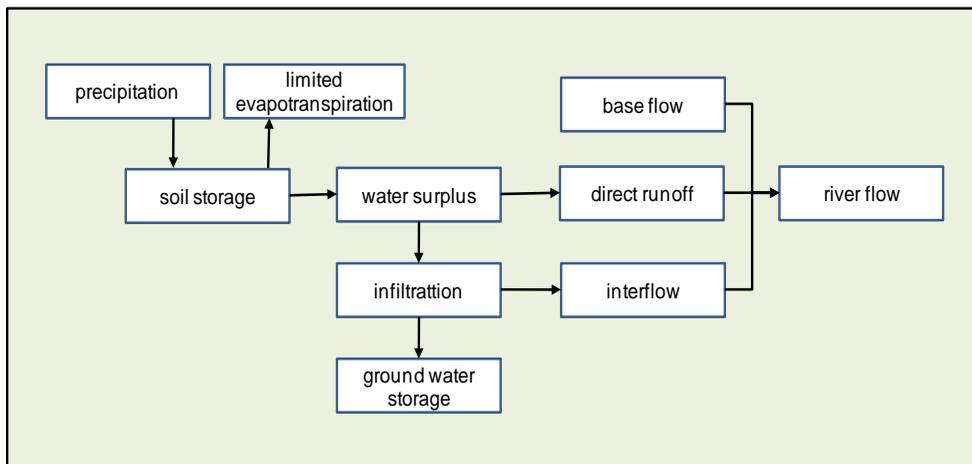
Dengan menggunakan model neraca air (*water balance*) harga-harga debit bulanan dapat dihitung dari curah hujan bulanan, evapotranspirasi, kelembapban tanah dan tampungan air tanah. Hubungan antara komponen-komponen terdahulu akan bervariasi untuk tiap daerah aliran sungai.

Model neraca air *Dr.Mock* memberikan metode penghitungan yang relatif sederhana untuk bermacam-macam komponen berdasarkan hasil riset daerah aliran sungai di seluruh Indonesia. Curah hujan rata-rata bulanan di daerah aliran sungai dihitung dari data pengukuran curah hujan dan evapotranspirasi yang sebenarnya di daerah aliran sungai dari data meteorologi (rumus *Penman*) dan karakteristik vegetasi. Perbedaan antara curah hujan dan evapotranspirasi mengakibatkan limpasan air hujan langsung

(*direct runoff*), aliran dasar/air tanah dan limpasan air hujan lebat (*storm run off*). Debit-debit ini dituliskan lewat persamaan-persamaan dengan parameter daerah aliran sungai yang disederhanakan. Memberikan harga-harga yang benar untuk parameter ini merupakan kesulitan utama. Untuk mendapatkan hasil-hasil yang dapat diandalkan, diperlukan pengetahuan yang luas mengenai daerah aliran sungai dan pengalaman yang cukup dengan model neraca air dari *Dr.Mock*. Berikut ini uraian dari beberapa metode yang biasa dipakai dalam menghitung neraca air:

1. Metode Mock

Metode *Mock* memperhitungkan data curah hujan, evapotranspirasi, dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran sungai. Hasil dari permodelan ini dapat dipercaya jika ada debit pengamatan sebagai pembanding. Oleh karena keterbatasan data di daerah studi maka proses pembandingan akan dilakukan terhadap catatan debit di stasiun pengamat muka air.



Gambar A.3.4. Skema Simulasi Debit Metode *Mock*

Data dan asumsi yang diperlukan untuk perhitungan metode *Mock* adalah sebagai berikut:

1. Data Curah Hujan

Data curah hujan yang digunakan adalah curah hujan 10 harian. Stasiun curah hujan yang dipakai adalah stasiun yang dianggap mewakili kondisi hujan di daerah tersebut.

2. Evapotranspirasi Terbatas (Et)

Evapotranspirasi terbatas adalah evapotranspirasi aktual dengan mempertimbangkan kondisi vegetasi dan permukaan tanah serta frekuensi curah hujan.

Untuk menghitung evapotranspirasi terbatas diperlukan data:

1. Curah hujan 10 harian (P)
2. Jumlah hari hujan (n)
3. Jumlah permukaan kering 10 harian (d) dihitung dengan asumsi bahwa tanah dalam suatu hari hanya mampu menahan air 12 mm dan selalu menguap sebesar 4 mm.
4. *Exposed surface* (m%) ditaksir berdasarkan peta tata guna lahan atau dengan asumsi:

m = 0% untuk lahan dengan hutan lebat

m = 0% pada akhir musim hujan dan bertambah 10% setiap bulan kering untuk lahan sekunder.

m = 10% - 40% untuk lahan yang tererosi.

M = 20% - 50% untuk lahan pertanian yang diolah.

Secara matematis evapotranspirasi terbatas dirumuskan sebagai berikut:

$$Et = Ep - E \dots\dots\dots (A.3.3)$$

$$E = Ep \times \left(\frac{m}{20}\right) \times (18 - n) \dots\dots\dots (A.3.4)$$

Dengan:

E = Beda antara evapotranspirasi potensial dengan evapotranspirasi terbatas (mm)

Et = Evapotranspirasi terbatas (mm)

E_p = Evapotranspirasi potensial (mm)

M = singkapan lahan (*Exposed surface*)

n = jumlah hari hujan

3. Faktor Karakteristik Hidrologi

Faktor Buka Lahan

m = 0% untuk lahan dengan hutan lebat

m = 10 – 40% untuk lahan tererosi

m = 30 – 50% untuk lahan pertanian yang diolah.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan untuk seluruh daerah studi yang merupakan daerah lahan pertanian yang diolah dan lahan tererosi maka dapat diasumsikan untuk faktor m diambil 30%.

4. Luas Daerah Pengaliran

Semakin besar daerah pengaliran dari suatu aliran kemungkinan akan semakin besar pula ketersediaan debitnya.

5. Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)

Soil Moisture Capacity adalah kapasitas kandungan air pada lapisan tanah permukaan (*surface soil*) per m^2 . Besarnya SMC untuk perhitungan ketersediaan air ini diperkirakan berdasarkan kondisi porositas lapisan tanah permukaan dari DPS. Semakin besar porositas tanah akan semakin besar pula SMC yang ada.

Dalam perhitungan ini nilai SMC diambil antara 50 mm sampai dengan 200 mm.

Persamaan yang digunakan untuk besarnya kapasitas kelembaban tanah adalah:

$$SMC_{(n)} = SMC_{(n-1)} + IS_{(n)} \dots\dots\dots (A.3.4)$$

$$W_s = A_s - IS \dots\dots\dots (A.3.5)$$

keterangan:

SMC = Kelembaban tanah

SMC (n) = Kelembaban tanah periode ke n

SMC(n-1) = Kelembaban tanah periode ke n-1

IS = Tampungan awal (*initial storage*) (mm)

As = Air hujan yang mencapai permukaan tanah

6. Keseimbangan air di permukaan tanah

Keseimbangan air di permukaan tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut:

- Air hujan
- Kandungan air tanah (*soil storage*)
- Kapasitas kelembaban tanah (SMC)

Air Hujan (As)

Air hujan yang mencapai permukaan tanah dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$As = P - Et \dots\dots\dots (A.3.6)$$

keterangan:

As = air hujan yang mencapai permukaan tanah

P = curah hujan bulanan

Et = Evapotranspirasi

7. Kandungan air tanah

Besar kandungan tanah tergantung dari harga As. bila harga As negatif. maka kapasitas kelembaban tanah akan berkurang dan bila As positif maka kelembaban tanah akan bertambah.

8. Aliran dan Penyimpangan Air Tanah (*run off* dan *Ground water storage*)

Nilai run off dan ground water tergantung dari keseimbangan air dan kondisi tanahnya.

9. Koefisien Infiltrasi

Koefisien nilai infiltrasi diperkirakan berdasarkan kondisi porositas tanah dan kemiringan DPS. Lahan DPS yang poros memiliki koefisien infiltrasi yang besar. Sedangkan lahan yang terjadi memiliki koefisien infiltrasi yang kecil.

karena air akan sulit terinfiltrasi ke dalam tanah. Batasan koefisien infiltrasi adalah 0 – 1.

10. Faktor Resesi Aliran Tanah (k)

Faktor Resesi adalah perbandingan antara aliran air tanah pada bulan ke n dengan aliran air tanah pada awal bulan tersebut. Faktor resesi aliran tanah dipengaruhi oleh sifat geologi DPS. Dalam perhitungan ketersediaan air metode *FJ Mock*, besarnya nilai k didapat dengan cara coba-coba sehingga dapat dihasilkan aliran seperti yang diharapkan.

11. *Initial Storage* (IS)

Initial Storage atau tampungan awal adalah perkiraan besarnya volume air pada awal perhitungan. IS di lokasi studi diasumsikan sebesar 100 mm.

12. Penyimpangan air tanah (*Ground Water Storage*)

Penyimpangan air tanah besarnya tergantung dari kondisi geologi setempat dan waktu. Sebagai permulaan dari simulasi harus ditentukan penyimpanan awal (*initial storage*) terlebih dahulu.

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan penyimpanan air tanah adalah sebagai berikut:

$$V_n = k \times V_{n-1} + 0,5 (1 + k) I \dots\dots\dots (A.3.7)$$

$$V_n = v_n - v_{n-1} \dots\dots\dots (A.3.8)$$

Dimana:

V_n = Volume air tanah periode ke n

K = q_t/q_0 = faktor resesi aliran tanah

q_t = aliran air tanah pada waktu periode ke t

q_0 = aliran air tanah pada awal periode (periode ke 0)

v_{n-1} = volume air tanah periode ke (n-1)

v_n = perubahan volume aliran air tanah

13. Aliran Sungai

Aliran Dasar = Infiltrasi – Perubahan aliran air dalam tanah

Aliran permukaan = volume air lebih – infiltrasi

Aliran sungai = aliran permukaan + aliran dasar

$$\text{Debit Andalan} = \frac{\text{Aliran Sungai} \times \text{Luas DAS}}{1 \text{ bulan dalam detik}}$$

Air yang mengalir di sungai merupakan jumlah dari aliran langsung (*direct run off*), aliran dalam tanah (*interflow*) dan aliran tanah (*base flow*).

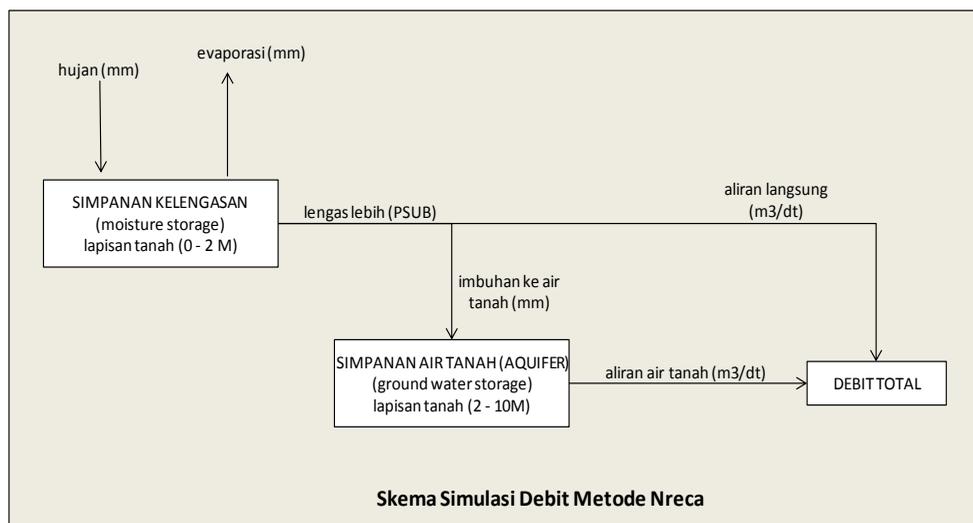
Besarnya masing-masing aliran tersebut adalah:

1. *Interflow* = infiltrasi – volume air tanah
2. *Direct run off* = *water surplus* – infiltrasi
3. *Base flow* = aliran yang selalu ada sepanjang tahun
4. *Run off* = *interflow* + *direct run off* + *base flow*.

Untuk contoh perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut:

2. Metode NRECA

Cara perhitungan ini sesuai untuk daerah cekungan yang setelah hujan berhenti masih ada aliran air di sungai selama beberapa hari. Kondisi ini terjadi bila tangkapan hujan cukup luas. Secara diagram prinsip metode Nreca dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar A.3.5. Skema Simulasi Debit Metode Nreca

Perhitungan debit aliran masuk embung metode NRECA, dilakukan kolom perkolom dari kolom 1 sampai kolom 20 dengan langkah sebagai berikut :

1. Nama bulan dari Januari sampai Desember tiap-tiap tahun pengamatan.
2. Periode 10 harian dalam 1 bulan.
3. Nilai hujan rerata 10 harian (R_b).
4. Nilai penguapan peluh potensial (PET atau ET_o)
5. Nilai tampungan kelengasan awal (W_o). Nilai awal ini harus dicoba-coba dan di cek agar nilai pada bulan januari mendekati nilai pada bulan Desember , jika selisih nilai melebihi 200 mm, harus diulang lagi.

6. Tampilan kelengasan tanah (*soil moisture storage*, W_i) dan dihitung dengan rumus :

$$W_t = \frac{W_o}{\text{Nominal}} \dots\dots\dots (A.3.9)$$

$$\text{Nominal} = 100 + 0,2 R_a$$

R_a = hujan tahunan (mm)

7. Rasio Rb/PET
 8. Rasio AET/PET

AET= Penguapan peluh aktual yang dapat diperoleh dari Gambar 4.10. nilainya bergantung dari rasio Rb/PET dan W_i

9. $AET = (AET/PET) \times PET \times \text{koef. Reduksi}$

Koefisien reduksi diperoleh dari fungsi kemiringan lahan, seperti pada tabel berikut :

Tabel A.3.3. Koefisien Reduksi Penguapan Peluh

Kemiringan (m/Km)	Koef. Reduksi
0 - 50	0,9
51 - 100	0,8
101 - 200	0,6
> 200	0,4

10. Neraca air Rb - AET
 11. Rasio kelebihan kelengasan (*excess moisture*) yang dapat diperoleh sbb :

Bila neraca air positif (+), maka rasio tersebut dapat diperoleh dari Gambar 4.11. dengan memasukkan harga W_i . Bila neraca air negatif (-) rasio = 0.

12. Kelebihan kelengasan = rasio kelebihan kelengasan x neraca air

13. Perubahan tampungan = neraca air - kelebihan kelengasan

14. Tampungan air tanah = PSUB x kelebihan kelengasan

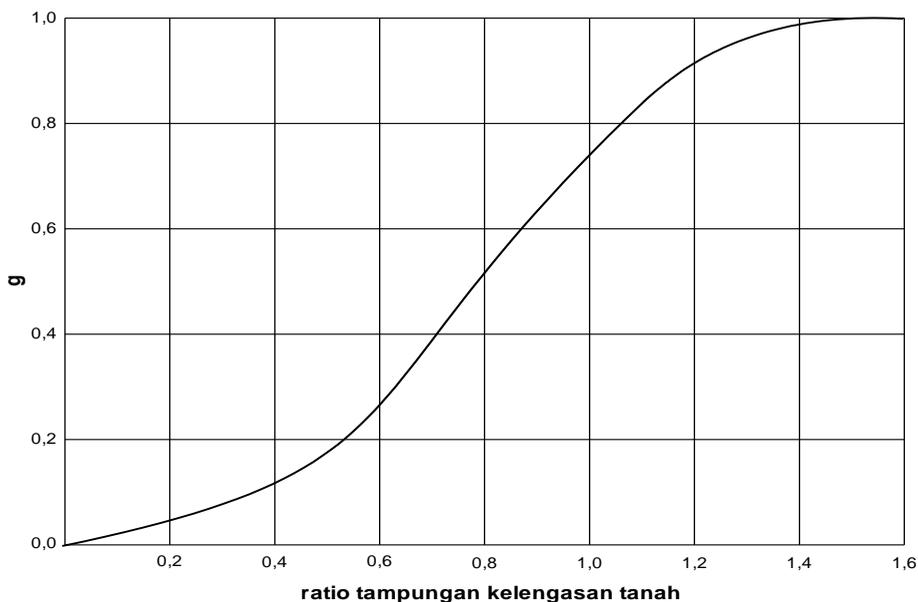
PSUB adalah parameter yang menggambarkan karakteristik tanah permukaan (kedalaman 0-2) yang nilainya 0,3 untuk tanah kedap air dan 0,9 untuk tanah lulus air.

15. Tampungan air tanah awal yang harus dicoba-coba dengan nilai awal = 2

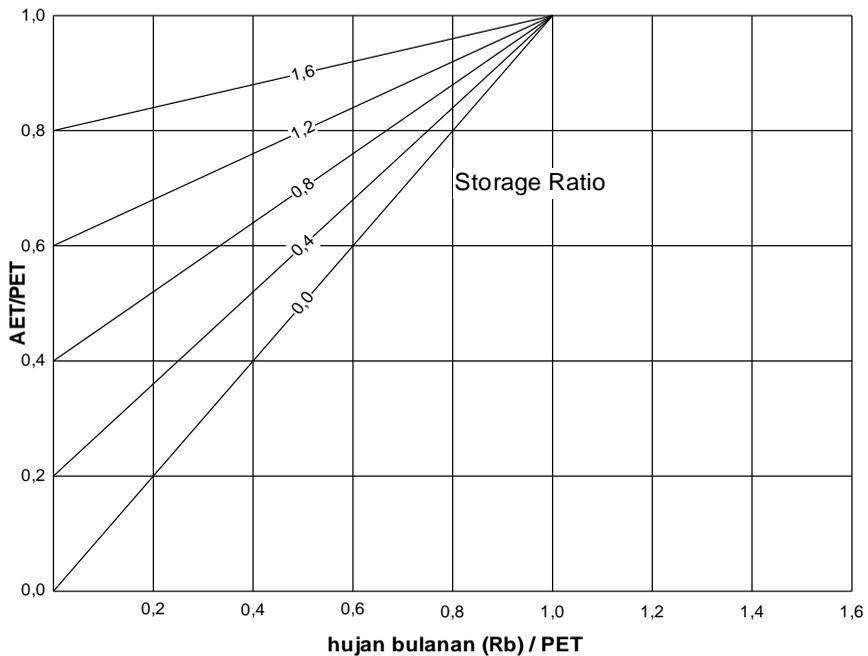
16. Tampungan air tanah akhir = tampungan air tanah + tampungan air tanah awal (kolom 14 + 15)

17. Aliran air tanah = GWF x tampungan air tanah akhir (kolom 16)

GWF adalah parameter yang menggambarkan karakteristik tanah permukaan (kedalaman 2 - 10) yang nilainya 0,8 untuk tanah kedap air dan 0,2 untuk tanah lulus air.



Gambar A.3.6. Ratio Tampungan Kelengasan Tanah



Gambar A.3.7 Grafik Perbandingan Penguapan Nyata dan Potensial (AET/PET Ratio)

18. Aliran langsung (*direct run off*) = kelebihan kelengasan - tampungan air tanah (kolom 12 - 14)
19. Aliran total = aliran langsung + aliran air tanah (kolom 18 + 17) dalam mm
20. Aliran total dalam kolom 19 dalam mm diubah ke dalam satuan m^3/dtk . (kolom 19 x luas)/(10 harian x 24 x 3600).

Untuk perhitungan bulan berikutnya diperlukan nilai tampungan kelengasan (kolom 5) untuk bulan berikutnya dan tampungan air tanah (kolom 15) bulan berikutnya yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

Tampungan kelengasan = tampungan kelengasan bulan sebelumnya + perubahan tampungan (kolom 5 + 13), semuanya bulan sebelumnya.

Tampungan air tanah = tampungan air tanah akhir + aliran air tanah (kolom 16 + 17). semuanya dari bulan sebelumnya.

Sedangkan volume air yang dapat mengisi kolam waduk selama musim hujan (V_b) dapat dihitung dari jumlah air permukaan dari seluruh daerah tadah hujan dan air hujan efektif yang langsung jatuh diatas permukaan kolam. Dengan demikian jumlah air yang masuk ke dalam waduk dapat dinyatakan seperti berikut :

$$V_b = \sum V_j + 10 A \sum R_j \dots\dots\dots (A.3.10)$$

Dengan:

V_b = volume air yang dapat mengisi kolam waduk selama musim hujan (m^3)

V_j = aliran bulanan pada bulan j (m^3 /bulan) dengan cara NRECA

A = luas permukaan kolam waduk (Ha.)

R_j = curah hujan bulanan pada bulan j (mm/bulan)

Untuk contoh perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel A.3.4. Contoh Perhitungan Debit Andalan dengan Metode *Nreca*

Bulan	Hari	Curah Hujan (mm)	Evapotranspirasi Potensial (PET) (mm)	Tampungan Ketengasan (Wo) (mm)	Rasio Tampungan Tanah (Wi)	Rasio (3) / (4)	Rasio AET/PET	AET (mm)	Neraca Air (mm)	Rasio Kelebihan Kelengasan	Kelebihan Kelengasan (mm)	Perubahan Tampungan (mm)	Tampungan Air Tanah (mm)	Tampungan Air Tanah Awal (mm)	Tampungan Air Tanah Akhir (mm)	Aliran Air Tanah (mm)	Aliran Langsung (mm)	Aliran Total (mm)	Aliran Total (m/c)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Januari	1	10	151	31.912	758.370	1.157	4.732	1.000	12.765	138.235	0.620	85.763	52.472	77.187	44.706	121.893	24.379	8.576	32.955	1.298
	2	10	71	31.912	810.842	1.238	2.225	1.000	12.765	58.235	0.701	40.845	17.390	36.761	97.514	134.275	26.855	4.085	30.940	1.219
	3	11	127	35.103	828.232	1.264	3.618	1.000	14.041	112.959	0.729	82.371	30.587	74.134	107.420	181.554	36.311	8.237	44.548	1.595
Februari	1	10	137	32.391	858.819	1.311	4.230	1.000	12.956	124.044	0.779	96.674	27.370	87.007	145.244	232.250	46.450	9.667	56.117	2.211
	2	10	45	32.391	886.189	1.353	1.389	1.000	12.956	32.044	0.825	26.452	5.592	23.807	185.800	209.607	41.921	2.645	44.567	1.756
	3	8	95	25.913	891.780	1.361	3.666	1.000	10.365	84.635	0.835	70.676	13.958	63.609	167.685	231.294	46.259	7.068	53.326	2.626
Maret	1	10	178	29.860	905.739	1.382	5.961	1.000	11.944	166.056	0.859	142.675	23.381	128.408	185.036	313.443	62.689	14.268	76.956	3.032
	2	10	234	29.860	929.120	1.418	7.837	1.000	11.944	222.056	0.900	199.918	22.138	179.926	250.754	430.680	86.136	19.992	106.128	4.181
	3	11	103	32.846	951.258	1.452	3.136	1.000	13.138	89.862	0.940	84.472	5.389	76.025	344.544	420.570	84.114	8.447	92.561	3.315
April	1	10	106	27.556	956.647	1.460	3.847	1.000	11.022	94.978	0.950	99.211	4.706	81.190	336.456	417.646	83.629	9.021	92.660	3.646
	2	10	150	27.556	961.413	1.467	5.443	1.000	11.022	138.978	0.950	133.211	5.706	119.850	334.117	454.007	90.801	13.321	104.123	4.102
	3	10	23	27.556	967.179	1.476	0.835	0.957	10.545	12.455	0.969	17.070	0.385	10.863	363.205	374.068	74.814	1.201	75.021	2.995
Mei	1	10	74	25.178	967.564	1.477	2.939	1.000	10.071	63.929	0.969	61.997	1.932	55.797	299.255	355.052	71.010	6.200	77.210	3.042
	2	10	85	25.178	969.496	1.480	3.376	1.000	10.071	74.929	0.970	72.931	1.998	65.638	284.042	349.679	69.936	7.293	77.229	3.043
	3	11	0	27.696	971.494	1.483	0.000	0.741	8.213	-8213	0.973	0.000	-8213	0.000	279.744	279.744	55.949	0.000	55.949	2.004
Juni	1	10	8	24.433	963.280	1.470	0.327	0.822	8.032	-0032	0.000	0.000	-0032	0.000	223.795	223.795	44.759	0.000	44.759	1.763
	2	10	0	24.433	963.249	1.470	0.000	0.735	7.184	-7184	0.000	0.000	-7184	0.000	179.036	179.036	35.807	0.000	35.807	1.411
	3	10	0	24.433	956.065	1.459	0.000	0.730	7.130	-7130	0.000	0.000	-7130	0.000	143.225	143.229	28.646	0.000	28.646	1.129
Juli	1	10	0	26.756	948.934	1.448	0.000	0.724	7.750	-7750	0.000	0.000	-7750	0.000	114.583	114.583	22.917	0.000	22.917	903
	2	10	0	26.756	941.184	1.436	0.000	0.718	7.687	-7687	0.000	0.000	-7687	0.000	91.666	91.666	18.333	0.000	18.333	222
	3	11	0	29.432	933.497	1.425	0.000	0.712	8.387	-8387	0.000	0.000	-8387	0.000	73.333	73.333	14.667	0.000	14.667	525
Agustus	1	10	0	28.025	925.110	1.412	0.000	0.706	7.914	-7914	0.000	0.000	-7914	0.000	58.666	58.666	11.733	0.000	11.733	462
	2	10	0	28.025	917.196	1.400	0.000	0.700	7.846	-7846	0.000	0.000	-7846	0.000	46.933	46.933	9.387	0.000	9.387	370
	3	11	0	30.820	909.350	1.388	0.000	0.694	8.557	-8557	0.000	0.000	-8557	0.000	37.547	37.547	7.509	0.000	7.509	269
September	1	10	0	29.040	900.792	1.375	0.000	0.687	7.985	-7985	0.000	0.000	-7985	0.000	30.037	30.037	6.007	0.000	6.007	237
	2	10	0	29.040	892.807	1.363	0.000	0.681	7.914	-7914	0.000	0.000	-7914	0.000	24.030	24.030	4.806	0.000	4.806	139
	3	10	0	29.040	884.893	1.351	0.000	0.675	7.844	-7844	0.000	0.000	-7844	0.000	19.224	19.224	3.845	0.000	3.845	151
Oktober	1	10	64	29.503	877.049	1.339	2.169	1.000	11.801	52.199	0.810	42.279	9.920	38.051	15.379	53.430	10.686	4.228	14.914	588
	2	10	33	29.503	886.969	1.354	1.119	1.000	11.801	21.199	0.827	17.528	3.671	15.775	42.744	58.519	11.704	1.753	13.457	530
	3	11	213	32.454	890.680	1.359	6.563	1.000	12.981	200.019	0.833	166.639	33.379	149.975	46.815	196.790	39.358	16.664	56.022	2.005
November	1	10	264	31.090	924.019	1.410	8.491	1.000	12.436	251.564	0.891	224.210	27.354	201.789	157.432	359.221	71.844	22.421	94.265	3.716
	2	10	146	31.090	951.374	1.452	4.696	1.000	12.436	133.564	0.940	125.582	7.982	113.024	287.377	400.400	80.080	12.558	92.638	3.660
	3	10	63	31.090	959.356	1.464	2.026	1.000	12.436	50.564	0.955	48.276	7.288	43.448	370.320	363.769	72.754	4.828	77.681	3.066
Desember	1	10	118	30.201	961.644	1.468	3.907	1.000	12.080	105.920	0.959	101.570	4.350	91.413	291.015	387.428	76.485	10.152	86.643	3.411
	2	10	98	30.201	965.993	1.474	3.245	1.000	12.080	85.920	0.967	83.076	2.344	74.768	305.842	380.716	76.142	8.308	84.450	1.125
	3	11	190	33.22	968.837	1.479	5.719	1.000	11.288	176.712	0.972	171.214	4.326	154.567	304.141	430.176	91.414	12.025	160.604	1.334

Kalibrasi model di daerah aliran sungai yang diselidiki debitnya dan data-data meteorologi akan menambah keandalan hasil-hasil model. Pada waktu mengerjakan pengamatan debit berjangka waktu panjang dan rangkaian data curah hujan yang meliputi jangka waktu lama, kemungkinan/probabilitas debit yang diamati bisa dinilai secara lebih tepat dan demikian juga debit andalan bulanan dengan kemungkinan tak terpenuhi 20%. Apabila data sangat kurang, usahakan jangan menggunakan model karena hal ini akan mengakibatkan banyak sekali kesalahan pada hasil penghitungan aliran bulanan; semua hasil yang diperoleh harus diperlakukan dengan hati-hati. Pengetahuan yang luas mengenai hasil-hasil riset daerah-daerah aliran sungai di Indonesia merupakan prasyarat.

A.3.3.4 Pengamatan Lapangan

Hasil-hasil pengamatan lapangan langsung yang diperoleh dari penduduk setempat dapat dijadikan indikasi mengenai debit minimum yang sebenarnya. Muka air yang rendah yang mereka laporkan tersebut akan dikonversi menjadi debit dengan menunjukkan kekurangtepatan yang ada akibat kekeliruan-kekeliruan dalam menentukan kekasaran talut dan dasar.

Jika metode ini diikuti, maka yang mungkin dapat diperoleh hanyalah suatu kesan tentang muka air rendah tahunan. Rekonstruksi hidrograf tahunan akan menjadi sulit, karena hanya muka air terendah saja yang diingat. Informasi semacam ini dapat dipakai untuk pemeriksaan susulan terhadap hasil-hasil yang diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan. Selama dilakukannya penyelidikan dapat dibuat hidrograf (sebagian). Informasi demikian akan dapat digunakan untuk kalibrasi model neraca air dan akan menambah keandalan hasil-hasil model.

DAFTAR PERISTILAHAN IRIGASI

A.A.S.H.O.	<i>American Association of State Highway Officials</i>
Abrasi	Hempasan atau penggerusan oleh gerakan air dan butiran kasar yang terkandung didalamnya.
<i>adjustable proportional module</i>	Pengaturan tinggi bukaan lubang pada alat ukur <i>Crump de 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 x 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 kotam otak (<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 pegatur muka air dan mengurangi erosi pada ujung saluran kuarter
bangunan bantu	Sebagai tambahan pada bangunan utama seperti bangunan ukur
bangunan pelengkap	Bangunan yang melengkapi jaringan utama seperti: talang, bangunan silang, terjunan dll.
bangunan pembilas	Bangunan yang berfungsi untuk membiilas sedimen
bangunan pengaman	Bangunan untuk mencegah kerusakan konstruksi, misal: bangunan pelimpah samping, pembuang silang dsb.
bangunan pengambilan	Bangunan untuk memasukkan air dari sungai/sumber air ke saluran irigasi
bangunan pengelak	Bangunan untuk membelokkan arah aliran sungai, antara lain bendung
bangunan peredam energi	Bangunan untuk mengurangi energi aliran, misal kolam olak
bangunan utama	Bangunan pada atau di sekitar sungai, seperti: bendung, tanggul penutup, pengambilan, kantong lumpur, serta bangunan-bangunan penting lainnya
banjir rencana	Banjir maksimum dengan periode ulang tertentu (misal: 5, 10, 50, 100 tahun), yang diperhitungkan untuk perencanaan suatu konstruksi
bantaran sungai	Bagian yang datar pada tebing sungai
batas Atterberg	Batasan-batasan untuk membedakan atau mengkalsifikasi 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 pada mana 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 dari tinggi aliran, dengan rumus: $F < 1$: subkritis $F = 1$: kritis $F = v/\sqrt{gh}$, dimana $F > 1$: superkritis
bitumen	Sejenis aspal, dapat berbentuk cair maupun padat
blok halang	Blok (biasanya dari beton) yang dipasang pada talut belakang bendung atau pada dasar kolam olak, dengan maksud memperbesar daya redam energi sehingga kolam olak bisa diperpendek
blok halang	Blok-blok (biasanya beton) yang dipasang pada kolam olak, berfungsi sebagai peredam energi
blok muka	Blok halang pada lereng hilir pelimpah untuk 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
<i>breaching</i>	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>)	Lubang vertikal untuk pemeriksaan bagian bawah konstruksi, misal dasar sipon
<i>Constant bead 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 disebelah dalamnya mengalir ke satu sungai
debit andalan	Debit dari suatu sumber air (mis: sungai) yang diharapkan dapat disadap dengan resiko kegagalan tertentu, misal 1 kali dalam 5 tahun
debit puncak	Debit yang terbesar pada suatu periode tertentu
debit rencana	Debit untuk perencanaan bangunan atau saluran
debit rencana	Debit untuk perencanaan suatu bangunan air
degradasi	Penurunan dasar sungai akibat penggerusan
depresi	Daerah cekungan yang sulit pembuangannya
dewatering	Usaha pengeringan dengan berbagai cara, misal pemompaan
diluvium	Endapan sungai data lingkungan dan ekologi data-data yang meliputi data fisik, biologi, kimiawi, sosio ekonomi dan budaya
dinding balang	Dinding vertikal/miring dibawah bendung, berfungsi memperpanjang jalur/garis rembesan (<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 (piping)
erosi bawah tanah	Terbawanya butir tanah pondasi akibat gaya rembesan (piping)
evaporasi	Penguapan
evapotranspirasi	Kehilangan air total akibat penguapan dari muka tanah dan transpirasi tanaman
F.A.O.	<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
filter	Konstruksi untuk melewatkan air tanpa membawa butiran tanah
fleksibilitas	Perbandingan antara besarnya perubahan debit suatu bukaan dengan bukaan lainnya
fleksibilitas eksploitasi pompa	Kapasitas pemompaan dibagi-bagi kepada beberapa pompa untuk memudahkan E & P

flum	Bagian dari saluran dengan penampang teratur biasanya diberi pasangan, misal: gorong-gorong terbuka, talang dan saluran dengan pasangan
foil plastik	Plastik penyekat
foto udara	Foto hasil pemotretan dari udara dengan ketinggian tertentu, untuk keperluan pemetaan
fraksi sedimen kasar	Fraksi sedimen pasir dan kerikil diameter $D > 0,074$ mm
G.F.R.	<i>Gross Field Water Requirement</i> kebutuhan air total (brot) di sawah dengan mempertimbangkan faktor-faktor pengolahan lahan, rembesan, penggunaan konsumtif dan penggantian lapisan air
gambar pabrian	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 ke atas	Tekanan ke atas, 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

gully	Alur lembah yang dibentuk oleh arus air, dimana aliran air hanya ada jika ada hujan lebat
hidrodinamik	Air dalam keadaan bergerak
hidrometeorologi	Ilmu cuaca yang terutama membahas hidrologi
hidrostatik	Air dalam keadaan diam
<i>hockey stick</i>	<i>Layout krib</i> 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 (DPMA)</i>
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>counter flow 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	Sistem 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, dan sebagainya
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 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 dan lain-lain

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 mulai 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 subbase	lapisan antara lapisan dasar (<i>base</i>) dan perkerasan pada badan jalan raya
layout petak tersier	Suatu jaringan tersier (saluran bawa/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/kurve pengempangan	Lengkung muka air, positif jika kemiringan air kemiringan dasar sungai/saluran keduanya terjadi pada aliran subkritis
limpasan tanggul	Aliran yang melewati tanggul/tebing sungai
lindungan sungai	Bangunan yang berfungsi melindungi sungai terhadap erosi, pengendapan dan longsoran, misal: krip pengarah arus, pasangan, dan sebagainya
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
Meandering	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
micro film	Film positif berukuran kecil ($\pm 8 \times 12$ mm) hanya dapat dibaca dengan alat khusus yang disebut <i>micro fiche reader</i>

mode of failure (beton)	Pola keruntuhan, sehubungan dengan perencanaan tulangan balok T
modulus pembuang	Banyaknya air yang harus dibuang dari suatu daerah irigasi, dinyatakan dalam volume persatuan luas/satuan waktu
morfologi sungai	Bentuk dan keadaan alur sungai sehubungan dengan alirannya
mortel	Adukan
mosaik	Peta yang terdiri dari beberapa foto udara yang disambungkan
muka air rencana saluran	Muka air yang direncanakan pada saluran untuk dapat mengairi daerah tertentu secara gravitasi
N.F.R.	<i>Net-Field Water Requirement</i> satuan kebutuhan bersih (netto) air di sawah, dalam hal ini telah diperhitungkan faktor curah hujan efektif
neraca air	Keseimbangan air, membandingkan air yang ada, air hilang dan air yang dimanfaatkan
ogee	Salah satu tipe Mercu bendung yang permukaannya mengikuti persamaan tertentu, hasil percobaan USCE
P3A	Perkumpulan Petani Pemakai Air, misal Dharma fir-ta, Mitra Cai dan Subak
pangkal bendung	Kepala bendung, <i>abutment</i>
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	Patak 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, disini 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 tenier 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 penggeraknya 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 penganekaragaman 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
ripples	Suatu bentuk dasar sungai karena tipe pengangkutan sedimen dasar
risiko proyek	Kemungkinan terjadinya suatu hal yang tidak diinginkan, misal kegagalan pada proyek pada periode waktu tertentu (misal: selama pelaksanaan, umur efektif proyek dst)
rotasi permanen	Sistem pembagian air secara berselang-seling ke petak-petak kuarter tertentu ruang bebas jembatan jarak antara bagian terbawah konstruksi dengal 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	Saturan 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 didalam 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	Sistem 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. Disini pemberian air dilakukan tidak kontinyu
sponeng	Alur (coak) untuk naik turunnya pintu
studi simulasi	Suatu cara mengevaluasi perilaku suatu konstruksi/proyek (misalnya waduk, bendung, jaringan irigasi dsb), dengan 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 horisontal
sudut lentur (pada got miring)	Sudut kemiringan muka air pada got miring yang harus memenuhi persyaratan tertentu, untuk mencegah terjadinya gelombang
sudut mati	Bagiandi mana sedimentidakdapat dikuras/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 (feature)	Gambaran bentuk yang dinyatakan dengan simbol-simbol tertentu disertai keterangan seperlunya
tanah bengkok	Lahan pertanian yang hak penggunaannya diserahkan kepada pejabat desa karena jabatannya, beberapa daerah mempunyai istilah

	setempat untuk tanah bengkok ini
tanaman acuan	Tanaman yang diteliti untuk mengetahui besarnya evapotranspirasi potensial
tanaman ladang	Tanaman yang semasa tumbuhnya tidak perlu digenangi air, misal padi, gadum, palawija, karet, tebu, kopi dsb (<i>upland crop</i>)
tanggul banjir	Konstruksi untuk mencegah terjadinya banjir di belakang tanggul tersebut
tanggul banjir	Tanggul untuk pengaman terhadap banjir di daerah sebelah belakang tanggul tersebut
tanggul penutup	Tanggul yang berfungsi untuk menutup dan atau mengelakkan aliran
tegangan efektif	Tegangan yang bekerja pada butiran tanah tegangan air pori
tegangan geser kritis	Tegangan geser dimana tidak terjadi penggerusan penampang aliran
tekanan pasif	Tekanan melawan tekanan aktif
tekanan piesometrik	Tekanan air yang terukur dengan alat piesometer
tekanan sub atmosfer	Tekanan lebih kecil dari 1 atm
tekanan tanah aktif	Tekanan tanah yang mendorong dinding ke arah menjauhi tanah
tembok sayap	Dinding batas antara bangunan dan pekerjaan tanah sekitarnya berfungsi juga sebagai pengarah aliran
tes batas cair	Suatu pengujian laboratorium untuk mengetahui kandungan air dalam contoh tanah pada batas perilaku tanah seperti zat cair
tikungan stabil	Tikungan aliran dimana tidak terjadi erosi oleh arus
tinggi energi	Tinggi air + tinggi tekanan dan tinggi kecepatan
tinggi jagaan minimum	Tinggi jagaan yang ditetapkan minimum berdasarkan besaran debit saluran
tinggi muka air yang diperlukan	Tinggi muka air rencana untuk dapat mengairi daerah irigasi sebelah hilirnya
tinggi tekanan	Tekanan dibagi berat jenis
tingkat pertumbuhan	Saat khusus pertumbuhan tanaman
tipe tulang ikan	Tipe jaringan irigasi saluran dan pembuang berbentuk tulang ikan dikembangkan di daerah pedataran terutama di daerah rawa

transmissivity	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 yang diperkirakan sama kondisinya
trase	Letak dan arah saluran atau jalan
turbulensi	Pergolakan air untuk mereduksi energi (pada kolam olak)
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 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