

2002/TC/H/00 ✓

TUGAS AKHIR

STUDI PENDAHULUAN BENDUNGAN PIDEKSO DI KABUPATEN WONOGIRI JAWA TENGAH



13,,
627.8
C-1
1990

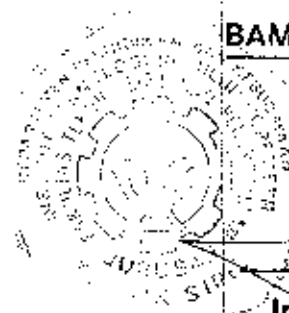
Disusun oleh :

BAMBANG SUDARMANTO

NRP. 3873100530

Dosen Pembimbing

[Signature]
Ir. SOFYAN RASYID



BIDANG STUDI HIDROTEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1990

SUMMARY

Bendungan Pidekso adalah salah satu dari beberapa bendungan yang akan dibangun di bagian Upstream bendungan serba guna Wonogiri.

Tujuan pokok pembangunannya adalah untuk mengurangi jumlah angkutan sedimen ke bendungan Wonogiri, disamping tujuan lain memasok air irigasi dan pembangkit tenaga listrik.

Bendungan Pidekso terletak di Kecamatan Giriwoyo Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah. Topografi daerah sekitarnya relatif tinggi dengan elevasi $+ 150,0 - + 195,0$ dari muka air laut. Dari test boring yang telah dilakukan diperoleh gambaran secara garis besar keadaan geologi daerah tersebut, antara lain terdiri dari batuan tufa pasir dan batuan beku andesite, daya dukung daerah sekitarnya mempunyai nilai SPT antara $N = 13 - N > 60$ dan mempunyai koefisien Permeabilitas $(K) = 10^{-4} - 10^{-3}$ cm/det.

Untuk memperkirakan tinggi hujan dengan periode ulang tertentu dipakai metode Gumbel, yang datanya diambil dari Stasiun Pracimantoro, Ngancar Giriwoyo dan Pater selama 20 tahun.

Hasil perhitungan adalah sebagai berikut :



Periode Ulang (Th)	Tinggi Hujan (mm)
5	82,84
20	117,72
50	138,82
100	156,38
200	172,89
500	194,18
1000	211,12

Untuk perhitungan debit banjir dipakai metode Nakayatsu.

Periode Ulang	
5	276,25
20	373,87
100	520,55
200	575,39
1000	702,40

Pembangkit listrik bendungan Pidekso dalam setahun menghasilkan energi listrik sebesar 7.902.571 KWh.

Elevasi batas dalam pengoperasian bendungan Pidekso :

FWL + 182,58

HWL + 181,0

LWL + 176,5

TWL + 150,0

dengan tinggi jatuh 27,20 meter

Bendungan Pidekso direncanakan dengan tipe rock fill.

Panjang bendungan utama 550 m dan sub dam 1050 m dengan elevasi puncak + 184,60.

Volume tampungan $119,06 \times 10^6 \text{ m}^3$

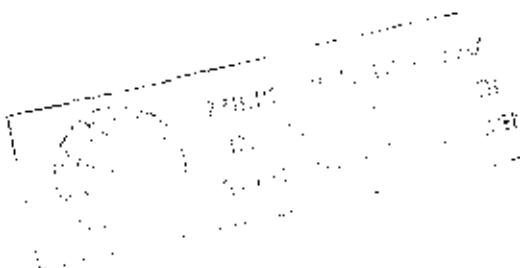
Luas genangan 625 Ha

Tipe spillway yang dipakai adalah tipe pelimpah samping, dengan kemampuan melewati debit banjir $1,2 \times Q_{100} = 623,5 \text{ m}^3/\text{det}$.

Untuk menghitung kebutuhan air irigasi dipakai standard perencanaan irigasi, memakai data klimatologi stasiun Ngancar. Dari hasil perhitungan didapatkan debit kebutuhan maksimum kemarau sebesar $3,89 \text{ m}^3/\text{det}$, debit ini juga dipakai sebagai penabangkit tenaga listrik.

Dari perhitungan biaya konstruksi bendungan dan perlengkapan PLTA ditaksir sebesar US \$ $25,25 \times 10^6$.

Dengan keuntungan rencana bendungan diperkirakan sebesar US \$ $32,87 \times 10^6$. Biaya konstruksi dan keuntungan dihitung pada tingkat harga pada awal pembangunan. Dengan demikian didapat BCR (Benefit Cost Ratio) sebesar 1,3, berarti Bendungan Pidekso akan mendatangkan keuntungan.



KATA PENGANTAR

Dengan karunia Tuhan Yang Maha Esa dan atas bimbingan bapak dosen, khususnya Bapak Ir. Sofyan Rasyid, serta bantuan dari rekan-rekan mahasiswa, maka kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir, yang merupakan persyaratan pada akhir pendidikan di ITS.

Adapun judul Tugas Akhir ini adalah :

"Study Pendahuluan Bendungan Pidekso di Kabupaten Wonogiri Jawa Tengah".

Penyusun menyadari, bahwa dalam menyusun Tugas Akhir ini, jauh dari sempurna karena kekurangan ataupun keterbatasan kemampuan kami.

Dengan selesainya Tugas akhir ini maka penyusun mengucapkan banyak terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Hariwiyono, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS.
2. Ibu Ir. Anggrahini M.Sc., selaku ketua jurusan Teknik Sipil ITS.
3. Bapak Ir. Sofyan Rasyid, sebagai dosen pembimbing kami dalam menyusun Tugas Akhir.
4. Semua Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan Pengetahuan ilmiahnya kepada kami.
5. Pimpinan dan staff Proyek Pengembangan Bengawan Solo, yang telah membantu memberikan data-data teknis.

Senoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Surabaya,

Penyusun

(Bambang Sudarmanto)

Nrp. 3873100530



DAFTAR ISI

	Halaman
SUMMARY	i
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
BAB. I. PENDAHULUAN	1
I.1. Umum	1
I.2. Latar Belakang	2
I.3. Perumusan Masalah	3
I.4. Ruang Lingkup Pembahasan	3
BAB. II. PEMILIHAN LETAK DAN TIPE BENDUNGAN	5
II.1. Umum	5
II.2. Keadaan Topografi	5
II.3. Keadaan Geologi	6
II.4. Material Bendungan	8
II.5. Pemilihan Letak dan Tipe Bendungan	9
BAB. III. ANALISA HIDROLOGI	12
III.1. Umum	12
III.2. Analisa Data Hujan	12
III.2.1. Perhitungan Curah Hujan dengan Periode Ulang	20
III.2.1.1. Metode Gumbel	20

	III.2.1.1. Metode Gumbel	20
	III.2.1.2. Uji Kesesuaian Distribusi Frekwensi dari cara Gumbel.....	22
III.3.	Debit Andalan	41
BAB. IV.	ANALISA SEDIMENT	47
IV.1.	Umum	47
IV.2.	Analisa Suspended Load	47
IV.3.	Analisa Bed Load	54
IV.4.	Pengendapan Sediment dalam Waduk	55
IV.5.	Trap Efisiensi	56
BAB. V.	PEMANFAATAN AIR	59
V.1.	Pemanfaatan Air untuk Irigasi	59
	V.1. 1. Kondisi Daerah Irigasi	59
	V.1. 2. Perhitungan Kebutuhan Air	60
	V.1. 3. Koefisien Tanaman	69
	V.1. 4. Penggantian Lapisan Air	69
	V.1. 5. Perkolasi	69
	V.1. 6. Curah Hujan Efektif	70
	V.1. 7. Efisiensi Irigasi	75
	V.1. 8. Diversion Requirement (DR)	75
V.2.	Kebutuhan Air di Sawah untuk Tanaman Polowijo	76

V.2. 1.	Penyiapan Lahan	76
V.2. 2.	Penggunaan Konsumtif	76
V.2. 3.	Curah Hujan Efektif	77
V.2. 4.	Efisiensi Irigasi	78
V.3.	Perhitungan Lengkung Kapasitas dan Luas Genangan	83
V.4.	Perhitungan Kapasitas Waduk	85
V.5.	Menentukan Diameter Head Race	86
V.6.	Menentukan Muka Air Operasi Tertinggi	86
V.7.	Tinggi Jatuh Efektif	87
V.8.	Perhitungan Energi	87
V.9.	Menentukan Jenis Turbin	88
V.10.	Spillway	89
V.10.1.	Perhitungan Koefisien Limpahan C (C)	90
V.10.2.	Flood Routing Q_{100}	94
BAB.VI.	ANALISA EKONOMI	95
VI.1.	Umum	95
VI.2.	Peningkatan Pendapatan dari Sektor Pertanian	96
VI.3.	Keuntungan dari Penjualan Energi	100
VI.4.	Bangunan Pengelak	100
VI.5.	Perkiraan Volume Bendungan	103
VI.5. 1.	Biaya Bendungan Urugan	107



VI.5.2.	Weir/Bendung Run of River	108
VI.5.3.	Intake	108
VI.5.4.	Head Race	109
VI.5.5.	Surge Tank	109
VI.5.6.	Penstock	110
VI.5.7.	Steel Linier	110
VI.5.8.	Power House	110
VI.5.9.	Power Equipment	111
VI.5.10.	Pembebasan Tanah	117
VI.6.	Rekapitulasi Biaya Proyek	117
VI.7.	Perhitungan Benefit Cost Ratio	118
BAB.VII.	KESIMPULAN DAN SARAN	120
VII.1.	Kesimpulan	120
VII.2.	Saran	123
DAFTAR PUSTAKA.	124

BAB I
P E N D A H U L U A N

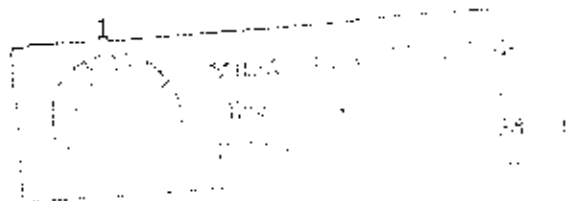
I.1. UMUM

Sungai merupakan salah satu dari sekian banyak sumber daya alam yang tersedia di bumi. Secara alamiah kita dapat memanfaatkannya untuk sarana transportasi, membuka daerah pedalaman, mengairi sawah, untuk perikanan, untuk penyediaan air bersih, dan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air.

Selain manfaat sungai seperti tersebut di atas, sungai dapat mengakibatkan bencana banjir di daerah sekitarnya, jika debit yang dialirkan melebihi kapasitas dari palung sungai tersebut.

Sejalan dengan derap pembangunan di negara kita, terutama di sektor Industri dan Pertanian, maka salah satu kebijaksanaan pemerintah dalam Repelita I membentuk Badan Pelaksana Pengembangan Sungai Bengawan Solo.

Pada bulan Juli 1972 Ditjen Pengairan bekerja sama dengan The Japanese Overseas Technical Cooperation Agency (OTCA), melaksanakan survey dan study berupa rancangan. Salah satu rancangan yang akan dikembangkan adalah pemanfaatan debit sungai Bengawan Solo bagian hulu, yang akan dapat mengairi sawah seluas 2.700 Ha di daerah Pidekso.



1.2. Latar Belakang.

Waduk Wonogiri adalah waduk serba guna selesai dibangun tahun 1981, yang berfungsi sebagai pengendali banjir dan penyediaan air irigasi. Waduk ini sangat berperan dalam peningkatan produksi pangan disekitar Wonogiri dan sebagai pengawas dari bahaya banjir dari luapan sungai Bengawan Solo.

Reservoir Waduk Wonogiri di design untuk estimasi jumlah sedimen tidak lebih dari 120 juta m³, untuk masa 100 tahun. Setelah dioperasikan selama 5 tahun, maka jumlah sedimen yang masuk dalam waduk sangat memprihatinkan, ini berdasarkan survey secara kasar.

Apabila tanpa ada penanggulangan lebih lanjut, akan berakibat umur waduk akan berkurang. Untuk mengatasi permasalahan ini, Departemen Pekerjaan Umum memutuskan untuk membuat feasibility study Waduk Tiron, Waduk Bendungan, Waduk Bakon, Waduk Puter, Waduk Nekuk dan Waduk Pidekso. Enam waduk tersebut di atas terletak di upstream Waduk Wonogiri.

Diharapkan nantinya pembangunan waduk-waduk kecil di bagian hulu Waduk Wonogiri dapat mengurangi jumlah angkutan sedimen yang masuk ke Waduk Wonogiri, disamping manfaat lainnya untuk pemasok air irigasi dan pembangkit listrik Tenaga air. Dari keenam waduk tersebut di atas Waduk Pidekso luas daerah pengaliran dan pengembangan irigasi

yang terbesar, hal ini diharapkan mendapat prioritas pembangunannya.

I.3. Perumusan Masalah.

Sesuai dengan latar belakang dibangunnya Waduk Pidekso yang telah diuraikan di muka, maka permasalahan yang perlu dirumuskan sebagai bahan pembahasan tugas akhir ini adalah :

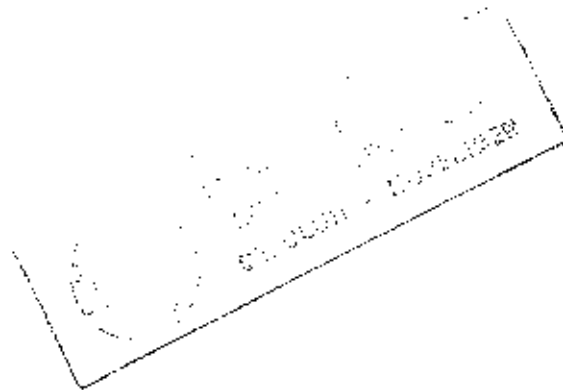
- a. Pemilihan letak dam.
- b. Angkutan sedimen.
- c. Debit rencana.
- d. Konstruksi Bendung.
- e. Tinggi jatuh efektif (head).
- f. Analisa Ekonomi.

I.4. Ruang Lingkup Pembahasan.

Pembahasan masalah ini adalah sebagai berikut :

1. Study alternatif dam site dan type bendungan ditinjau berdasarkan pertimbangan-pertimbangan geologi dan topografi.
2. Analisa Hidrologi untuk memperoleh gambaran besarnya debit rencana.
3. Analisa Sedimen untuk memperkirakan jumlah angkutan sedimen yang masuk ke waduk dan memperkirakan umur waduk.

5. Study rencana Bendungan meliputi miring talud, lebar mercu, tinggi bendungan, bangunan pengelak dan spillway.
6. Study Analisa Ekonomi. Pada study ini membahas nilai Ekonomis dari bangunan bendungan terhadap manfaatnya.



BAB II

PEMILIHAN LETAK DAN TIPE BENDUNGAN

II.1. Umum.

Rencana letak Bendungan di bagian hulu Bendungan Wonogiri ± 8 Km. Yang tepatnya terletak di daerah administrasi Kecamatan Giriwoyo Kabupaten Wonogiri Propinsi Jawa Tengah. Bendungan Pidekso dikembangkan pada Catchment area Waduk serba guna Wonogiri. Catchment area Waduk Pidekso ± 117 Km², sungai Bengawan Solo bagian hulu yang mempunyai anak-anak sungai Kali Pidekso dan Kali Lanang (Gambar II-2,3).

Pemilihan letak dan tipe Bendungan masalah yang cukup penting dalam perencanaan Bendungan. Pemilihan ini didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan keadaan Topografi, Geologi, material untuk konstruksi bendungan dan masalah sosial ekonomi.

II.2. Keadaan Topografi.

Daerah rencana pengembangan dan lokasi Bendungan Pidekso merupakan daerah yang relatif datar dan sedikit berbukit. Secara garis besar lokasi topografi di lereng Gunung Lawu dan beberapa pegunungan di sebelah Barat yaitu Pegunungan Sewu. Ketinggian daerah Pidekso berkisar ± (150-195) m dari muka air laut (Gambar II-2).

Keadaan Topografi sangat penting untuk memper-

timbangkan letak dan tipe bendungan terutama dalam mempertimbangkan :

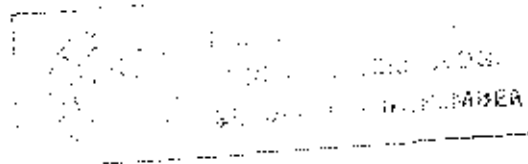
- Luas daerah genangan sekecil mungkin dan menggenangi daerah yang kurang berpotensi untuk perkembangan sosial ekonomi.
- Penampang melintang sungai relatif sempit sehingga konstruksi bendungannya kecil.
- Keadaan topografi yang mempunyai head yang cukup besar.
- Adanya material yang memenuhi syarat baik jumlah maupun kualitasnya. Dan yang tidak kalah penting jarak antara lokasi pengambilan material ke lokasi bendungannya tidak terlalu jauh.

II.3. Keadaan Geologi.

Keadaan Geologi dapat dibagi menjadi 2 (dua) bagian sesuai dengan sifat dan karakteristik dari tanah.

1. Geologi permukaan.

- Geomorphologi : dari peta topografi dapat disimpulkan bahwa daerah rencana waduk Pidekso merupakan dataran rendah dan daerah perbukitan rendah. Perbukitan ini terdiri dari batuan tufa pasir dan batuan beku andesite (Gambar II-8).
- Pada daerah irigasi adalah daerah alluvium (Gambar II-4) dan sedikit batuan tertiary.
- Di sungai Bengawan Solo bagian hulu merupakan



tanah endapan berupa pasir, lanau dan lempung.

- Stratigrafi : Di daerah rencana waduk Pidekso formasi batumannya sebagian besar berumur Tertiary dan Plio Pleistocene (Gambar 04) dan disekitar lokasi merupakan jenis batuan andresite tua.

- Struktur Geologi.

Struktur geologi yang paling berpengaruh adalah unsur-unsur lipatan atau sesaran. Untuk lipatan umumnya mempunyai poros dari arah barat laut ke tenggara. Sedangkan struktur patahan dapat dijumpai sepanjang Teluk Pacitan ke daerah Girimoyo (Gambar II-5).

2. Geologi bawah permukaan.

Dari hasil penyelidikan di lapangan dengan cara pemboran. Inti dapat disimpulkan bahwa di sekitar lokasi Waduk Pidekso merupakan batuan Andresite yang kompak dan lapisan tufa pasir. Yang mempunyai Nilai standard penetrasi (N) rata-rata 13 pada bagian tanah permukaan, walaupun kadang-kadang dijumpai nilai N mencapai 60.

Pada kedalaman - 7 m, di bawah permukaan diperoleh harga $N > 60$ (Gambar 02) a-i.

Dan mempunyai Koefisien Permeabilitas (K) antara 10^{-4} - 10^{-5} cm/det. (Gambar II-8) a-f.

II.4. Material Bendungan.

Material yang digunakan untuk bendungan adalah masalah yang cukup penting, terutama masalah pemilihan kualitas material dan jumlah material yang mencukupi yang berada di sekitar lokasi bendungan dan mengenai sifat-sifat kimia, struktural maupun sifat fisiknya dari material tersebut dapat di test di laboratorium. Sedangkan untuk melakukan penafsiran kebutuhan jumlah material dilakukan pengeboran dan pengamatan di lapangan.

Setelah diadakan survey lapangan maka dapat disimpulkan bahwa :

Kebutuhan material pasir, clay dan batu dapat diambil di sekitar pertemuan Kali Lanang dan Bengawan Solo bagian hulu dan khusus batu dalam jumlah besar dapat diambil di selatan Wonogiri yang berjarak \pm 8 Km dari lokasi.

Karakteristik material yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

$$\text{Cohesi} = 4 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Sudut geser dalam } \phi = 25^\circ$$

$$\text{Koefisien Permeability (K)} = 1.10^{-5} \text{ cm/det.}$$

$$\text{Saturated density} = 1,75 \text{ ton/m}^3.$$

$$\text{Wet density} = 1,6 \text{ ton/m}^3.$$

Jadi secara singkat kebutuhan material yang berada di sekitar bendungan tidak menjadi masalah.

II.5. Pemilihan Letak dan Tipe Bendungan

Setelah diadakan pengamatan Topografi di DAS Pidekso, maka alternatif yang dapat dibuat hanya satu, karena di lokasi $\pm 0,5$ Km sebelah hilir dari pertemuan sungai Bengawan Solo bagian hulu dengan Kali Lanang terdapat kondisi yang paling memungkinkan, karena lokasi tersebut terletak diantara dua bukit kecil yang terletak di kanan kiri sungai Bengawan Solo, yang mempunyai ketinggian $\pm 185,00$ m, sedangkan elevasi dasar sungai $\pm 150,00$ m dari muka air laut (Gambar II-2). Dengan demikian didapatkan head yang cukup besar.

Tinjauan terhadap daerah genangan yang akan terjadi bila direncanakan cross dam $\pm 185,00$ m, meliputi daerah yang kurang berpotensi dan tidak terdapat daerah yang mempunyai peninggalan sejarah.

Tinjauan terhadap Geologi dan Mekanika Tanah di sekitar lokasi adalah Sekitar rencana Waduk keadaan Geologi terutama terdiri dari batuan andesitik dan batuan tufa pasir yang berumur Tersier (Gambar II-8) a-g. Untuk lebih jelasnya diambil contoh titik-titik bor yang terletak pada as dam rencana.

Titik Bor 1. (Gambar II-7).

Kedalaman 0 - 5 meter, terdapat tufa pasir dan lempung setengah pasir kasar dan fragmen, mempunyai nilai SPT antara 9 - N > 60 atau mempunyai daya dukung tanah antara $0,7 - 4,5 \text{ kg/cm}^2$.

Kedalaman 5 - 20 meter, terdapat Pelapukan andresit
 \emptyset 0,6 - 1,6 mm..

Andresit berangkal \emptyset 3 - 7 cm.

Mempunyai nilai SPT $N > 60$.

Mempunyai koefisien permeabilitas (K) = $3 \cdot 10^{-4}$ - 10^{-5}
cm/det.

Titik Bor 2.

Kedalaman 0 - 4 meter, terdapat lempung lanau dan pasir halus sedang. Nilai SPT antara $N = 21$ - $N = yy$. Untuk kedalaman 4 - 20 meter, terdapat tufa lempung dan pelapukan andresit. Mempunyai nilai SPT $N = 44$ - $N > 60$ atau mempunyai daya dukung tanah antara $2,5$ - $4,5$ Kg/cm². Nilai koefisien permeabilitas (K) = 8×10^{-5} cm/det termasuk zone impervious.

Titik Bor 3.

Kedalaman 0 - 6 meter, terdapat Pasir sedang sangat kasar, mempunyai nilai SPT $N = 13$ - $N = 17$ dan mempunyai nilai (K) = 5×10^{-2} - $K = 2,5 \times 10^{-4}$ cm/det, tergolong lapisan pervious. Kedalaman 6 - 8 meter, terdapat tufa pasir lempung lapuk dengan nilai $N > 60$. Kedalaman 8 - 25 meter, Andresit berangkal \emptyset 3 - 4 cm dengan nilai SPT $N > 60$ dan nilai koefisien permeabilitas $K = 10^{-4}$ - 10^{-5} cm/det termasuk zone semi impervious.

Titik Bor 4.

Kedalaman 0 - 25 meter terdapat tufa pasir fragmen kwarsa, yang mempunyai nilai SPT $N > 60$ dan koefisien

permeabilitas (K) antara 10^{-5} - 10^{-6} cm/det termasuk zone impervious.

Titik Bor 5.

Kedalaman 0 - 5 meter, terdapat tufa lempung pasir halus sedang, fragmen tufa. Nilai $N = 8 - N = 34$.

Kedalaman 5 - 12,25 meter, terdapat tufa lempungan, fragmen tufa, tufa pasir, fragmen tufa kwarsa. Nilai SPT $N = 23 - N > 60$. Koefisien permeabilitas (K) = 10^{-4} - 10^{-5} cm/det.

Kedalaman 12,25 - 25 meter, terdapat tufa pasir- tufa pasir, fragmen kwarsa. Nilai SPT $N = 50 - N = > 60$. Nilai koefisien permeabilitas (K) = 10^{-4} cm/det.

Titik Bor 6.

Kedalaman 0 - 3 meter, terdapat lanau tufaan, tufa lempungan. Nilai SPT $N = 8 - n > 60$. Nilai koefisien permeabilitas $K = 2 \times 10^{-4}$ cm/det.

Kedalaman 3 - 25 meter, terdapat tufa pasir, fragmen tufa kwarsa dan Welded tuff. Nilai SPT $N > 60$. Koefisien permeabilitas (K) antara 10^{-4} - 10^{-5} cm/det.

Dari tinjauan dari beberapa segi yaitu segi Geologi, Topografi dan Kondisi sosial ekonomi dan material bangunan, maka ditetapkan letak bendungan, pada jarak 0,5 km sebelah hilir pertemuan Kali Lanang dan Bengawan Solo, tepatnya di daerah Karang Nongko di kecamatan Girimoyo Kabupaten Wonogiri. Dengan tipe bendungan urugan rock fill.

BAB III

ANALISA HIDROLOGI

III.1. Umum.

Dalam perencanaan suatu bendungan agar dapat berfungsi dengan baik tergantung, dari tersedianya air di kom bendungan tersebut. Untuk mendapatkan gambaran tersedianya air diperlukan analisa Hidrologi, yang terdiri dari analisa debit rencana, analisa aliran permukaan (run off) dan perkiraan debit andalan.

Untuk keperluan perkiraan tersebut di atas diperlukan data curah hujan atau data debit, yang terjadi di daerah pengaliran sungai Bengawan Solo bagian hulu. Di dalam hal ini, data curah hujan diambil pada empat stasiun pencatat curah hujan yang terletak di daerah pengaliran sungai Bengawan Solo bagian hulu.

III.2. Analisa data Hujan.

Untuk menetapkan besarnya hujan rencana diperlukan pengamatan tinggi hujan di daerah aliran sungai yang cukup lama. Dari hasil pengamatan tersebut ditentukan masa periode ulang tertentu, sesuai dengan kebutuhan.

Untuk perencanaan Bendungan, diperlukan banjir maximum, untuk itu ditentukan hujan dalam satu hari (24



jam) dengan masa ulang tertentu.

2.1. Perhitungan curah Hujan.

Data curah hujan dikumpulkan dari stasiun penakar hujan : Ngancar, Puter, Girimoyo dan Pracimantoro mulai tahun 1961 sampai dengan tahun 1980. Untuk menentukan curah hujan harian rata-rata maksimum tahunan, dipakai metode Arithmetic, dengan alasan bahwa data hujan yang ada bersifat uniform.

Perumusan yang dipakai :

$$R_{ave} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n}$$

dimana R_{ave} = curah hujan rata-rata.

R_1, R_2, \dots, R_n = curah hujan masing-masing stasiun.

n = banyaknya stasiun penakar hujan.

Cara perhitungannya :

Cari tinggi hujan maksimum di tiap-tiap stasiun penakar hujan, catat tanggal dan bulan pada tahun yang sama. Kemudian cari rata-rata maksimum pada tanggal, bulan dan tahun yang sama. Untuk jelasnya dapat dilihat pada tabel III-1 sampai dengan tabel III-3.

TABEL III.1.

CURAH HUJAN HARIAN MAXIMUM

Tahun Pengamatan	Sta. Pracimantoro		Sta. Puter		Sta. Giri moyo		Sta. Ngancar	
	Tg/bln	Data (mm)	Tg/bln	Data (mm)	Tg/bln	Data (mm)	Tg/bln	Data (mm)
1961	4 Jan.	85	4 Mar.	82	4 Mar.	88	5 Jan.	73
1962	21 Jan.	91	31 Mar.	76	4 Des.	61	11 Des.	79
1963	16 Jan	70	26 Jan.	75	19 Jan	91	19 Jan	79
1964	30 Apr	66	4 Mar	50	2 Apr	61	20 Jan	79
1965	17 Des	74	16 Jan.	58	22 Feb	84	23 Feb	75
1966	16 Mar	178	16 Mar	125	16 Mar	108	16 Mar	200
1967	16 Jan	87	15 Jan	67	23 Jan	79	26 Jan	65
1968	27 Des	79	22 Jan	61	26 Des	64	30 Jan	68
1969	18 Mar	70	3 Feb	62	6 Feb	62	21 Feb	65
1970	24 Apr	125	16 Jan	50	12 Feb	68	12 Feb	65
1971	27 Okt	109	13 Jan	75	2 Nop	75	8 Mar	70
1972	12 Jan	82	6 Nop	67	26 Des	72	10 Apr	85
1973	28 Jan	100	5 Feb	67	6 Feb	95	13 Nop	75
1974	4 Jan	95	1 Feb	72	27 Jan	81	5 Nop	83
1975	29 Des	69	12 Sep	90	30 Jan	86	3 Feb	83,5
1976	11 Mar	134	5 Jan	106	27 Mar	100	3 Des	103
1977	19 Jan	83	24 Jan	105	27 Feb	80	19 Jan	118
1978	5 Mar	108	15 Mar	70	18 Mar	97	12 Jun	91
1979	11 Mar	44	18 Feb	60	2 Mar	71	22 Des	76
1980	13 Des	50	10 Des	60	20 Feb	85	7 Mar	66

TABEL III.2a

PERHITUNGAN CUURAH HUJAN HARIAN RATA-RATA
MAKSIMUM TAHUNAN
(MAKSIMUM DI STA. PRACIMANTORO)

Tgl/bln kejadian	S T A S I U N				RATA-2 (mm)
	Praciman toro(mm)	Puter (mm)	Girimoyo (mm)	Ngancar (mm)	
4 Jan 1961	85	18	13	10	31,5
24 Jan 1962	91	15	15	28	37,25
16 Jan 1963	90	0	57	53	45
30 Apr 1964	66	40	13	30	37,25
17 Des 1965	79	10	50	19	39,5
16 Mar 1966	178	125	109	200	153
10 Jan 1967	87	41	57	30	53,75
27 Des 1968	79	55	19	32	46,25
18 Mar 1969	78	0	20	10	27
24 Apr 1970	125	-	34	15	43,25
27 Okt 1971	109	60	30	12	52,75
12 Jan 1972	62	10	0	10	20,5
28 Jan 1973	100	40	21	30	47,75
4 Jan 1974	95	34	67	25	55,25
29 Jan 1975	69	40	46	39	48,5
11 Mrt 1976	134	31	57	1	55,75
19 Jan 1977	83	63	89	119	88,5
5 Mar 1978	108	36	0	24	42
11 Mar 1978	44	24	19	4	22,75
13 Des 1980	50	29	40	30	8,25

TABEL III.2b.

PERHITUNGAN CURAH HUJAN HARIAN RATA-RATA MAKSIMUM TAHUNAN
(MAKSIMUM DI ST.GIRIMOYO)

Tgl/bln kejadian	S T A S I U N				RATA-2 (mm)
	Girimoyo (mm)	Praciman- toro (mm)	Puter (mm)	Ngancar (mm)	
4 Mar 1961	89	85	82	73	82,25
4 Des 1962	81	43	23	54	50,25
19 Jan 1963	91	11	0	79	45,25
2 Apr 1964	61	28	30	0	29,75
22 Feb 1965	84	72	36	13	51,25
18 Mar 1966	108	178	125	200	153
23 Jan 1967	79	2	14	34	32,25
26 Des 1968	64	56	61	31	53
6 Feb 1969	62	18	40	62	45,75
12 Feb 1970	68	55	0	65	47
12 Nop 1971	75	10	0	10	23,75
26 Des 1972	72	41	15	57	48,75
6 Feb 1973	95	37	15	49	49
27 Jan 1974	84	0	35	20	34
30 Jan 1975	66	23	38	15	35,5
27 Mar 1976	100	0	11	0	27,75
27 Mar 1977	90	15	50	23	44,5
18 Mar 1978	97	0	0	13	27,5
2 Mar 1979	71	39	36	20	41,5
20 Feb 1980	85	40	58	54	59,25

TABEL III.2c.

PERHITUNGAN CURAH HUJAN HARIAN RATA-RATA MAKSIMUM TAHUNAN
(MAKSIMUM DI STA. PUTER)

Tgl/bln kejadian	S T A S I U N				RATA-2 (mm)
	Puter (mm)	Praciman- toro (mm)	Girimoyo (mm)	Ngancar (mm)	
4 Mar 1961	82	85	89	73	82,25
31 Mar 1962	76	2	0	64	35,5
28 Jan 1963	75	19	1	50	23,75
4 Mar 1964	50	20	5	6	20,25
16 Jan 1965	59	84	66	66	71,25
16 Mar 1966	125	178	109	200	153
15 Jan 1967	67	4	0	37	27
22 Jan 1968	61	0	18	11	22,5
3 Feb 1968	64	20	10	40	35,75
16 Jan 1970	50	3	37	6	24
13 Jan 1971	75	0	10	0	21,5
6 Nop 1972	67	0	0	0	16,75
5 Feb 1973	67	0	85	35	49,25
1 Feb 1974	72	15	8	74	42,25
12 Sep 1975	90	0	0	39	32,25
5 Jan 1976	106	0	0	34	35
24 Jan 1977	155	74	25	40	61
15 Mar 1978	70	0	18	67	38,75
18 Feb 1978	60	0	30	1	22,75
10 Des 1980	60	20	25	8	28,25

TABEL III.2d.

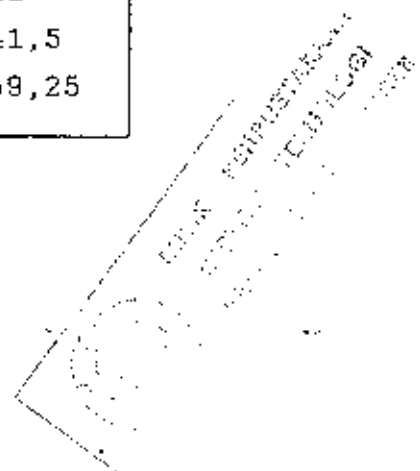
PERHITUNGAN CURAH HUJAN HARIAN RATA-RATA MAKSIMUM TAHUNAN
(MAKSIMUM DI STA. NGANCAR)

Tgl/bln kejadian	S T A S I U N				RATA-2 (mm)
	Ngancar (mm)	Girimoyo (mm)	Praciman- toro (mm)	Puter (mm)	
5 Jan 1961	73	26	8	25	33
11 Des 1962	79	23	6	25	33,25
19 Jan 1963	79	91	11	0	45,25
20 Jan 1964	79	24	50	46	50,5
23 Feb 1965	75	47	42	58	55,5
16 Mar 1966	200	109	178	125	153
26 Jan 1967	65	46	23	45	44,75
30 Jan 1968	68	48	0	51	41,75
21 Feb 1969	65	9	3	23	25
12 Feb 1970	65	68	55	0	47
8 Mar 1971	71	34	0	37	35,25
10 Apr 1972	65	0	0	11	19
13 Nop 1973	75	45	0	0	30
5 Mar 1974	83	7	9	0	24,75
3 Feb 1975	83,5	13	0	0	24,13
3 Des 1975	101	0	0	0	25,75
19 Jan 1977	119	89	83	35	81,5
12 Jun 1978	91	0	8	27	31,5
22 Des 1979	78	0	0	0	19,5
7 Mar 1980	66	0	6	8	20

TABEL III.3

PERHITUNGAN CURAH HUJAN HARIAN RATA-RATA
MAKSIMUM TAHUNAN.

Tahun Pengamatan	Tgl/Bln Terjadinya	Data Maks (mm)
1961	4 Mar	82,25
1962	4 Des	50,25
1963	19 Jan	45,25
1964	20 Jan	50,5
1965	16 Jan	71,25
1966	16 Mar	153
1967	10 Jan	53,75
1968	26 Des	53
1969	6 Feb	45,75
1970	12 Feb	47
1971	27 Okt	52,75
1972	26 Des	48,75
1973	5 Feb	49,25
1974	4 Jan	55,25
1975	29 Des	48,5
1976	11 Mar	55,75
1977	29 Jan	88,5
1978	5 Mar	42
1979	2 Mar	41,5
1980	20 Feb	59,25



III.2.1. CURAH HUJAN RENCANA DENGAN PERIODE ULANG

III.2.1.1. Metode Gumbel

Metode ini sudah umum dipakai dalam perencanaan, karena dengan mudah dapat memberikan nilai ekstrim maksimum dan minimum untuk periode ulang tertentu.

Rumus Umum :

$$X_T = \bar{x} + K \cdot \sigma_{n-1}$$

di mana :

X_T = Besarnya curah hujan dengan periode ulang T tahun (mm).

T = Periode ulang (tahun).

\bar{x} = Curah hujan maksimum rata rata (mm)

K = Factor frekuensi.

σ_{n-1} = Standart deviasi = $\left\{ \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}} \right\}$

Harga K dapat dihitung dengan rumus

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$$

di mana :

Y_n = reduced mean, fungsi dari sample data

S_n = reduced Standart deviasi, fungsi dari sample data

Y_T = reduced variate, fungsi dari periode ulang tertentu (T)

$$Y_T = - \left(\ln \left[\ln \frac{T}{T-1} \right] \right)$$

$$\text{atau } Y_T = - \left(0,834 + 2,303 \log \log \frac{T}{T-1} \right)$$

Tabel III.4

Tahun Pengamatan	x_i (mm)	$(x_i - \bar{x})^2$
1961	62,25	509,63
1962	50,25	88,83
1963	45,25	208,08
1964	50,5	84,18
1965	71,25	133,98
1966	153	8709,56
1967	53,75	35,11
1968	53	44,56
1969	45,75	193,91
1970	47	160,56
1971	52,75	47,86
1972	48,75	119,36
1973	49,25	108,68
1974	55,25	19,58
1975	48,5	124,88
1976	55,75	15,41
1977	88,5	830,88
1978	42	312,41
1979	41,5	330,33
1980	59,25	0,18

$$\sum X_i = 1193,5 ; \sum (x_i - \bar{x})^2 = 12078,21$$

Dari tabel diatas didapat harga

$$\bar{x} = \frac{1193,5}{20} = 59,675 \text{ mm}$$

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{12.078,21}{19}} = 25,213$$

Untuk harga Y_r dan K dapat dihitung sebagai berikut :

Untuk sample data (N) = 20 dari tabel III₅ didapat harga

$$Y_n = 0,5236$$

$$S_n = 1,0628$$

Kemudian harga Y_T dan K dapat dihitung dan ditabelkan

Tabel III.6

T	$Y_T = -\ln \ln \left(\frac{T}{T-1} \right)$	$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n}$
5	1,4998	0,9186
20	2,9702	2,3020
50	3,9019	3,1787
100	4,6001	3,8356
200	5,2950	4,4902
500	6,2136	5,3538
1000	6,9073	6,0065

$$X_{T..} = \bar{x} + K \cdot \sigma_{n-1}$$

$$\begin{aligned} X_5 &= 59,675 + 0,9186 \cdot 25,213 = 82,84 \text{ mm} \\ X_{20} &= 59,675 + 2,3020 \cdot 25,213 = 117,72 \text{ mm} \\ X_{50} &= 59,675 + 3,1787 \cdot 25,213 = 139,82 \text{ mm} \\ X_{100} &= 59,675 + 3,8356 \cdot 25,213 = 156,38 \text{ mm} \\ X_{200} &= 59,675 + 4,4902 \cdot 25,213 = 172,88 \text{ mm} \\ X_{500} &= 59,675 + 5,3538 \cdot 25,213 = 194,66 \text{ mm} \\ X_{1000} &= 59,675 + 6,0065 \cdot 25,213 = 211,12 \text{ mm} \end{aligned}$$

III.2.1.2. Uji Kesesuaian Distribusi frekuensi dari cara Gumbel

Untuk dapat mengetahui apakah data hujan tersebut

sesuai dengan sebaran distribusi Gumbel dan dapat mengetahui, (Δ) perbedaan antara distribusi empiris dan distribusi teoritis melalui plotting data dan garis durasi pada kertas probabilitas Gumbel.

Pengujian data hujan ini dipakai metode Smirnov Kolmogorov, yaitu Bila $\Delta < \Delta_{cr}$ (critical value) berarti data data diterima atau data data terdistribusi secara Gumbel.

Tahapan Uji data hujan.

1. Plot data curah hujan X_i dengan probabilitas seperti pada tabel III.c. pada kertas probabilitas Gumbel.
2. Plot persamaan $X_{rr} = \bar{x} + K.Sx = 59,675 + K(25,213)$

Dengan memasukan 2 (dua) harga K maka dapat dibuat garis durasi

Untuk $K = 0,9186$ $X_{rr} = 82,84$ mm

$K = 3,8356$ $X_{rr} = 156,38$ mm

3. Tentukan Δ maks.
4. Dari jumlah data dan α dapat ditentukan Δ_{cr} melalui Tabel. III.

Perhitungan.

Jumlah data(n)=20 } dari tabel III
 α diambil 5% } didapat $\Delta_{cr} = 0,29$

Dari gambaran III.a.

didapatkan harga

$$\Delta \text{ mak} = \frac{153 - 137}{137} = 0,117$$

Ternyata $\Delta \text{ mak} < \Delta \text{ Cr}$ (memenuhi)

Tabel III.7

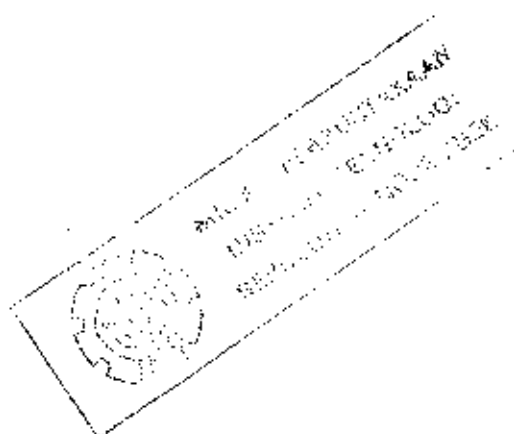
No	DATA X_i	$P = \frac{100 \text{ m\%}}{n + 1}$
1	41,5	4,76
2	42	9,52
3	45,25	14,29
4	45,75	19,05
5	47	23,81
6	48,5	28,57
7	48,75	33,33
8	49,25	38,10
9	50,25	42,86
10	50,5	47,62
11	52,75	52,38
12	53	57,14
13	53,75	61,91
14	55,25	66,67
15	55,75	71,43
16	58,25	76,19
17	71,25	80,95
18	82,25	85,71
19	88,5	90,48
20	153	95,24

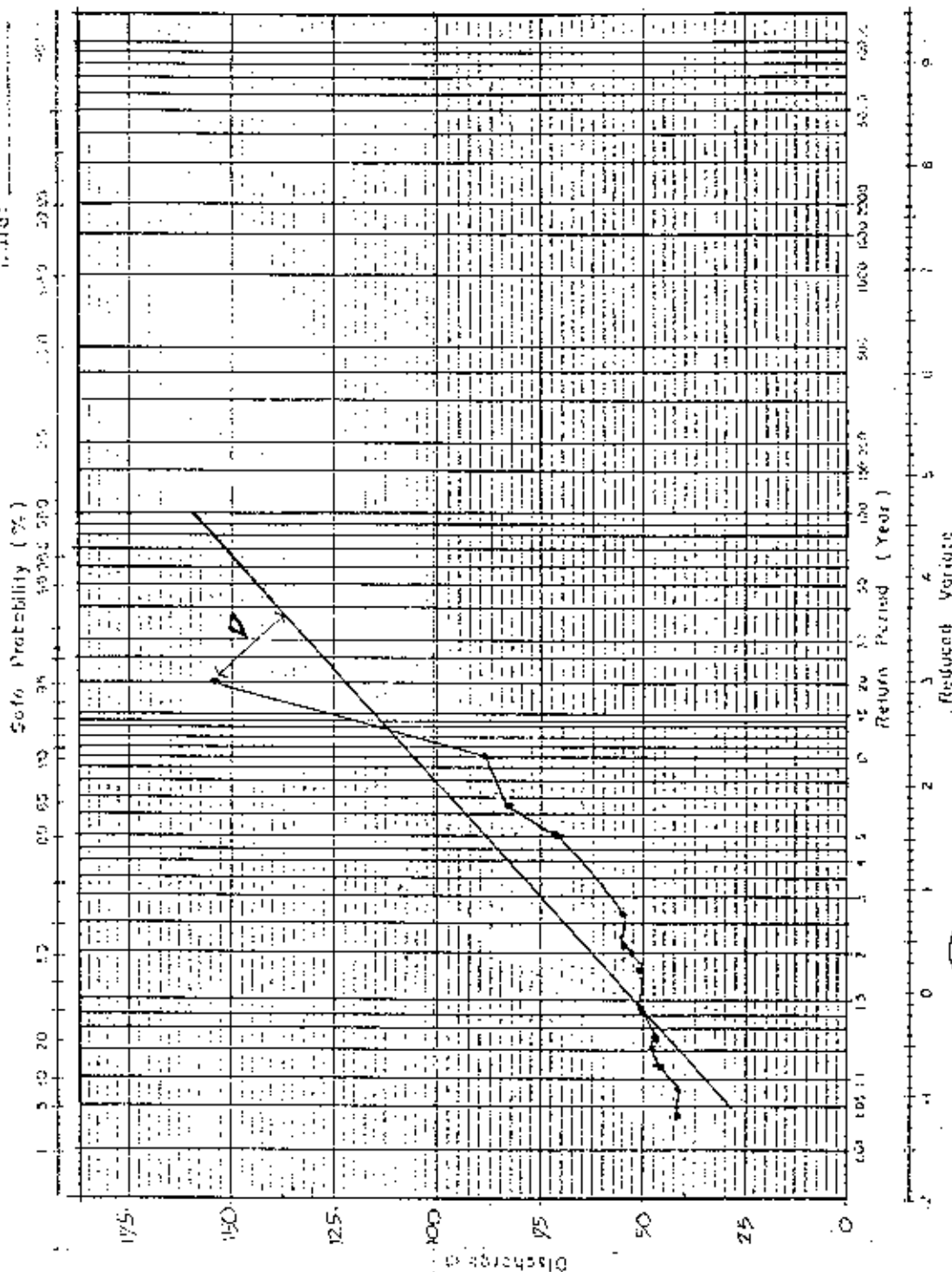
TABEL III.8

Nilai Δ_{α} untuk Test Smirnov Kolmogorov

$\alpha \backslash n$	0.20	0.10	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.23
50	0.15	0.17	0.19	0.23
$n > 50$	$\frac{1.07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$

Sumber : Mengenal Hidrologi terapan, Sri Harto.





6b. III a

GRAFIK DISTRIBUSI GUMBEL

III.2.2. Pola Distribusi Hujan

Mengingat tidak ada data mengenai pola pembagian hujan, maka data hujan yang ada diambil terpusat selama lima (5) jam setiap hari.

$$R_t = R_0 \left(\frac{5}{T} \right)^{2/3}$$

di mana

R_t = rata-rata hujan dari awal sampai jam ke T

$$R_0 = \frac{R_{24}}{5}$$

R_{24} = Hujan harian efektif (mm/jam)

T = Waktu hujan dari awal sampai jam ke T

5 = dianggap hujan terpusat selama 5 jam tiap hari.

sehingga :

$$R_1 = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{1} \right)^{2/3} = 0,58 R_{24}$$

$$R_2 = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{2} \right)^{2/3} = 0,37 R_{24}$$

$$R_3 = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{3} \right)^{2/3} = 0,28 R_{24}$$

$$R_4 = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{4} \right)^{2/3} = 0,23 R_{24}$$

$$R_5 = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{5} \right)^{2/3} = 0,2 R_{24}$$

Untuk menghitung curah hujan pada jam ke T

$$R_T = t.R_t - (t - 1) . R(t - 1)$$

di mana :

R_T = curah hujan jam ke T

R_t = rata-rata hujan dari awal sampai jam ke T

$R_{(t-1)}$ = rata-rata hujan dari awal sampai jam ke (t-1)

t = waktu hujan dari awal sampai jam ke T

maka diperoleh

$$R_{I} = 1. R_1 - (1-1) R(1-1)$$

$$= 0,58 R_{24}$$

$$R_{II} = 2. R_2 - (2-1) R(2-1)$$

$$= 2.(0,37 R_{24}) - (0,58 R_{24}) = 0,15 R_{24}$$

$$R_{III} = 3. R_3 - (3-1) R(3-1)$$

$$= 3(0,28 R_{24}) - 2(0,37 R_{24}) = 0,11 R_{24}$$

$$R_{IV} = 4. R_4 - (4-1).R(4-1)$$

$$= 4(0,23 R_{24}) - 3.(0,28 R_{24}) = 0,09 R_{24}$$

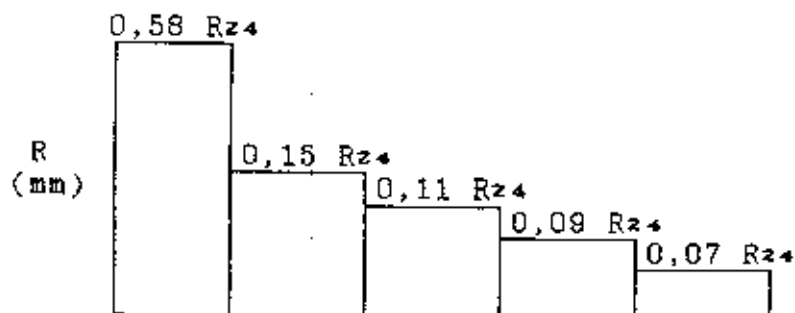
$$R_V = 5. R_5 - (5-1) R(5-1)$$

$$= 5(0,20 R_{24}) - 4(0,23 R_{24}) = 0,07 R_{24}$$

Tabel III.9

Jam ke	Rata-rata hujan sampai jam ke T (R_t)	Curah hujan pada jam ke T (R_T)
1	0,58 R_{24}	0,58 R_{24}
2	0,37 R_{24}	0,15 R_{24}
3	0,28 R_{24}	0,11 R_{24}
4	0,23 R_{24}	0,09 R_{24}
5	0,20 R_{24}	0,07 R_{24}

gambar pola distribusi hujan



III.2.3. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah suatu variable yang tergantung dari kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan yang jatuh pada daerah tersebut.

Faktor faktor kondisi daerah tersebut antara lain :

- Kemiringan daerah pengaliran
 - Besarnya daya perkolasi dan infiltrasi tanah
 - Tata guna tanah
- dan lain-lain.

Dengan adanya faktor-faktor yang sangat kompleks, maka koefisien untuk tiap-tiap daerah tidak sama.

Karena tidak ada data limpasan di daerah Padekso, untuk itu koefisien pengaliran di daerah Pidekso didekati dengan tabel Dr. Mononobe.

Tabel III.10

Kondisi daerah pengaliran dan sungai	Koefisien Pengaliran
Daerah pegunungan yang curam	0,75 - 0,90
Daerah pegunungan tersier	0,70 - 0,80
Tanah gelombang dan hutan	0,50 - 0,75
Tanah dataran yang ditanami	0,45 - 0,60
Persawahan yang diairi	0,70 - 0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75 - 0,85
Sungai kecil di dataran	0,45 - 0,75
Sungai besar yang lebih dari setengah daerah pengalirannya terdiri dari dataran	0,50 - 0,75

Dari tabel koefisien pengaliran oleh Dr. Mononobe, maka daerah Pidekso termasuk daerah sungai di daerah pegunungan, koefisien pengaliran diambil 0,75.

Tabel : III.11

		Periode ulang						
		5 Tahun	20 Tahun	50 Tahun	100 Tahun	200 Tahun	500 Tahun	1000 Tahun
Curah hujan		82.84	117.72	139.82	156.38	172.89	194.66	211.12
Koef. Pengaliran		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Hujan efektif		62.13	88.28	104.87	117.28	129.67	146.0	158.34
Jam ke	Perbandingan %	Tinggi hujan (mm)						
0-1	58	36.04	51.21	60.82	68.03	73.21	81.68	81.84
1-2	15	9.32	13.24	15.72	17.59	19.45	21.9	23.75
2-3	11	6.83	9.71	11.54	12.9	14.26	16.06	17.42
3-4	9	5.59	7.95	9.43	10.56	11.67	13.14	14.25
4-5	7	4.35	6.18	7.34	8.24	9.08	9.08	11.08

III.2.4. Analisa Hidrograph Banjir

Untuk menganalisa banjir rencana, harus dibuat dahulu hidrograph banjir pada sungai yang bersangkutan.

Karena belum pernah diadakan observasi hidrograph banjir pada sungai Bangawan Solo bagian hulu, maka dalam membuat hidrograph banjir dibuat hidrograph sintetisnya, yang di kenal dengan cara perhitungan unit Hidrograph.

Kalau menganalisa Unit Hidrograph dipakai metoda perhitungan Nakayatsu.

Untuk keperluan ini diperlukan karakteristik daerah pengaliran dan para meter tertentu, yaitu

- Luas daerah pengaliran
- Koefisien pengaliran
- Panjang sungai utama
- Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograph.

Metode Nakayatsu

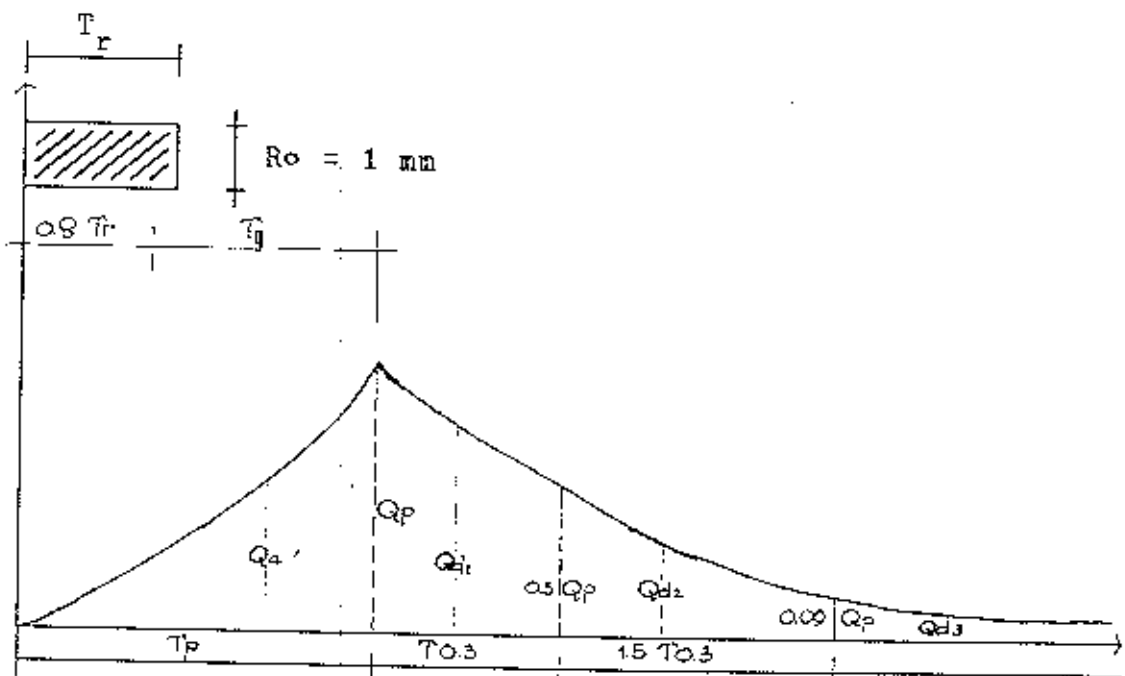
Perumusan dan langkah langkah metode Nakayatsu sebagai berikut:

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \frac{A \cdot R_o}{(0.3 T_p + T.o.a)}$$

di mana :

$$Q_p = \text{debit puncak banjir}$$

- A = Luas daerah pengaliran
 R_o = Curah hujan Satuan (mm)
 T_p = Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir.
 $T_{0.3}$ = Waktu yang diperlukan pada penurunan debit puncak sampai ke debit sebesar 30% dari debit puncak.



$$T_p = T_g + 0.8 T_r$$

$$T_{0.3} = \alpha T_g$$

harga T_g tergantung dari :

$$L > 15 \text{ km} \longrightarrow T_g = 0.4 + 0.058 L$$

$$L < 15 \text{ km} \longrightarrow T_g = 0.21 L^{0.7}$$

L = panjang alur sungai

harga $\alpha = 2 - 3$, dalam perhitungan ini diambil $\alpha = 2$.

Pada kurva naik : $0 < t < T_p$

$$\frac{Q_a}{Q_p} = \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2.4}$$

Pada kurva turun : $- T_p < t < T_{0.3}$

$$\begin{aligned} \frac{Q_{d1}}{Q_p} &= 0.3^x \text{ dengan } x = \left(\frac{t - T_p}{T_{0.3}} \right) \\ &= (T_p + T_{0.3}) < t < (T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{Q_{d2}}{Q_p} &= 0.3^y \text{ dengan } y = \frac{(t - T_p + 0.5 T_{0.3})}{1.5 T_{0.3}} \\ &= t < (T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3}) \end{aligned}$$

$$\frac{Q_{d3}}{Q_p} = 0.3^z \text{ dengan } z = \frac{(t - T_p + 0.5 T_{0.3})}{2 T_{0.3}}$$

Perhitungan Unit Hidrograh

Luas daerah pengaliran (A) = 117 km²

Panjang alur sungai (L) = 6.75 km

$$T_g = 0.21 L^{0.7} = 0.21 (6.75)^{0.7} = 0.8 \text{ jam}$$

$$T_r = 1 \text{ jam}$$

$$T_p = T_g + 0.8 = 1.6 \text{ jam}$$

$$T_{0.3} = \alpha T_g$$

$$2 \cdot 0.8 = 3.6 \text{ jam}$$

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \frac{117 \times 1}{(0.3 \cdot 1.18 + 3.6)} = 7.97 \text{ m}^3/\text{det}$$

- Pada kurva naik : $0 < t < T_p$

$$0 < t < 1,$$

$$Q_a = \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2.4} \cdot Q_p = \left(\frac{t}{1.6} \right)^{2.4} (7.97)$$

$$\text{Untuk } t = 0 \rightarrow Q_a = 0$$

$$t = 1 \rightarrow Q_a = 2.58 \text{ m}^3/\text{det}.$$

- Pada kurva turun = $T_p < t < T_p + T_{0.3}$



$$1,6 < t < 5,2$$

$$\begin{aligned} Q_{dx} &= 0,3 \frac{(t - T_p)}{T_{o.3}} \times Q_p \\ &= 0,3 \frac{(t - 1,6)}{3,6} \times 7,97 \end{aligned}$$

$$\text{Untuk } t = 2 \rightarrow Q_{dx} = 6,97 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 3 \rightarrow Q_{dx} = 4,99 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 4 \rightarrow Q_{dx} = 3,57 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 5 \rightarrow Q_{dx} = 2,56 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$(T_p + T_{o.3}) < t < T_p + T_{o.3} + 1,5 T_{o.3}$$

$$5,2 < t < 10,6$$

$$\begin{aligned} Q_{dz} &= 0,3 \frac{(t - T_p + 0,5 T_{o.3})}{1,5 T_{o.3}} \times Q_p \\ &= 0,3 \frac{(t - 0,2)}{5,4} \times (7,97) \end{aligned}$$

$$\text{Untuk } t = 6 \quad Q_{dz} = 2,19 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 7 \quad Q_{dz} = 1,75 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 8 \quad Q_{dz} = 1,4 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 9 \quad Q_{dz} = 1,12 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 10 \quad Q_{dz} = 0,9 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t < T_p + T_{o.3} + 1,5 T_{o.3}$$

$$t < 10,6$$

$$\begin{aligned} Q_{da} &= 0,3 \frac{(t - T_p + 1,5 T_{o.3})}{2 \cdot T_{o.3}} \times Q_p \\ &= 0,3 \frac{(t - 3,8)}{7,2} \times (7,97) \end{aligned}$$

$$\text{Untuk } t = 11 \rightarrow 0,67 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 11 \rightarrow 0,67 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 12 \rightarrow 0,57 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 13 \rightarrow 0,48 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 14 \rightarrow 0,41 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 15 \rightarrow 0,34 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 16 \rightarrow 0,29 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 17 \rightarrow 0,25 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 18 \rightarrow 0,21 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 19 \rightarrow 0,18 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 20 \rightarrow 0,15 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 21 \rightarrow 0,13 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 22 \rightarrow 0,11 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 23 \rightarrow 0,09 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$t = 24 \rightarrow 0,08 \text{ m}^3/\text{det}$$

TABEL III.12.a

Jan	Unit Hidrograf ($m^3/dt/hr$)	R1 mm	R2 mm	R3 mm	R4 mm	R5 4.35 mm	DRH (mm/det)	Base HWH (m^3/det)	Hir, Banjir mm/det
0									
1	2.58	92.98					92.98	1	1
2	6.97	251.2					275.25	1	93.98
3	4.99	179.84					262.42	1	276.25
4	3.57	128.66	17.62				237.20	1	263.42
5	2.56	92.26	27.61	14.42			209.79	1	238.20
6	2.19	78.93	34.08	38.96		11.22	185.38	1	210.79
7	1.75	63.07	24.38	27.89		30.32	142.63	1	186.38
8	1.40	50.46	17.48	19.96		21.71	111.57	1	143.63
9	1.12	38.36	14.96	14.31		15.53	88.74	1	112.57
10	0.90	32.44	11.95	12.24		11.14	71.72	1	89.74
11	0.67	24.15	9.56	9.78		9.53	55.61	1	72.75
12	0.57	20.54	7.64	7.82		7.61	45.28	1	56.61
13	0.48	17.30	6.15	6.26		6.09	37.09	1	46.28
14	0.41	14.78	4.51	5.03		4.87	30.81	1	38.09
15	0.34	12.25	3.89	3.75		3.92	25.45	1	31.81
16	0.29	10.45	3.28	3.19		2.91	24.58	1	26.45
17	0.25	9.01	2.80	2.68		2.48	18.41	1	22.58
18	0.21	7.57	2.32	2.29		2.09	15.56	1	19.41
19	0.18	6.49	1.98	1.90		1.78	13.26	1	16.56
20	0.15	5.41	1.71	1.62		1.48	11.18	1	14.26
21	0.13	4.69	1.43	1.40		1.26	9.58	1	12.18
22	0.11	3.96	1.23	1.17		1.09	8.11	1	10.58
23	0.09	3.24	1.02	1.01		0.91	6.77	1	9.11
24	0.08	2.88	0.89	0.83		0.78	5.85	1	7.77
			0.84	0.75		0.65		1	6.85

PERALIHAN HIDROGRAF BAKJIR RENCANA
PERIODE ULANG 20 TAHUN

TABEL III.12. b

Jan	Unit Hidrograf (m ³ /dt/ano)	R1 51.21 mm	R2 13.24 mm	R3 9.71 mm	R4 7.95 mm	R5 6.18 mm	Total DPR (mm/det.)	Base HDM (m ³ /det.)	Hir. Banjir m ³ /det
0									
1	2.58	132.12					132.12	1	133.12
2	6.97	334.92	34.16				371.09	1	372.09
3	4.99	255.54	92.20	25.05			372.67	1	373.67
4	3.57	132.82	66.07	67.68			337.88	1	338.09
5	2.56	131.10	47.27	48.45		15.94	298.17	1	299.17
6	2.19	112.35	33.89	34.66		43.07	263.44	1	264.44
7	1.75	89.62	28.99	24.86		30.84	202.69	1	203.69
8	1.40	71.69	23.17	21.26		22.06	158.53	1	159.54
9	1.12	57.36	18.54	16.99		15.82	126.12	1	127.12
10	0.90	46.09	14.83	13.59		13.53	101.95	1	102.95
11	0.67	34.31	11.92	10.88		10.82	79.06	1	80.06
12	0.57	29.19	8.87	8.74		8.65	64.35	1	65.35
13	0.48	24.58	7.55	6.51		6.92	52.72	1	53.72
14	0.41	20.99	6.36	5.53		5.56	43.77	1	44.77
15	0.34	17.41	5.43	4.66		4.14	36.27	1	37.17
16	0.29	14.85	4.50	3.98		3.52	30.67	1	31.67
17	0.25	12.80	3.84	3.50		2.97	26.17	1	27.17
18	0.21	10.75	3.31	2.82		2.53	22.11	1	23.11
19	0.18	9.22	2.78	2.43		2.10	18.84	1	19.84
20	0.15	7.68	3.38	2.04		1.79	15.88	1	16.88
21	0.13	6.66	1.99	1.75		1.55	13.62	1	14.62
22	0.11	5.63	1.72	1.46		1.30	11.54	1	12.54
23	0.09	4.61	1.46	1.26		1.11	9.63	1	10.63
24	0.08	4.10	1.19	1.07		0.93	8.92	1	9.92

PERKUTUNGAN HIDROGRAF BANJIR RENCANA
 PERIODE ULANG 100 TAHUN

TABEL III.2.c

Jam	Unit Hidrograf (m ³ /dt/mm)	R1 75,22 mm	R2 19,45 mm	R3 14,26 mm	R4 11,67 mm	R5 9,08 mm	Total DEBIT (m ³ /det)	Base HOW (m ³ /det)	Hir. Banjir m ³ /det
0									
1	2.58	175.52						1	1
2	6.97	474.17	45.38				175.52	1	176.52
3	4.99	339.47	122.60				519.55	1	520.55
4	3.57	242.87	87.77	33.28			495.35	1	496.35
5	2.56	174.18	62.79	89.91	27.24		447.79	1	448.79
6	2.19	148.99	45.03	46.05	73.60	23.43	369.10	1	397.10
7	1.75	119.05	30.52	64.37	52.69	63.29	349.98	1	350.98
8	1.40	95.24	30.78	33.02	37.70	45.31	269.26	1	270.26
9	1.12	76.19	24.63	28.25	27.03	32.42	250.61	1	211.61
10	0.90	61.23	19.70	22.58	23.13	23.24	167.55	1	168.55
11	0.67	45.58	15.83	18.06	18.48	19.89	135.45	1	136.45
12	0.57	38.78	11.79	14.45	14.78	15.89	105.01	1	106.01
13	0.48	32.65	10.03	11.69	11.83	12.71	85.50	1	86.50
14	0.41	27.89	8.80	8.64	9.50	10.17	70.02	1	71.02
15	0.34	23.13	7.21	7.35	7.08	8.17	58.15	1	59.15
16	0.29	19.73	5.98	6.19	6.02	6.08	48.05	1	49.05
17	0.25	17.00	5.10	5.29	5.07	5.18	40.75	1	41.75
18	0.21	14.29	404.00	4.39	4.33	4.36	34.76	1	35076.00
19	0.18	12.25	3069.00	3.74	3.59	3.72	29.39	1	30.39
20	0.15	10.20	3.17	3.23	3.06	3.09	25.02	1	26.02
21	0.13	8.84	2.64	2.79	2.64	2.63	21.02	1	22.02
22	0.11	7.48	2.29	2.32	2.22	2.27	18.07	1	19.07
23	0.09	6.12	1.93	1.94	1.90	1.91	15.33	1	16.33
24	0.08	5.44	1.58	1.60	1.58	1.63	12.79	1	13.79
				1.42	1.37	1.36	11.04	1	12.04

PERHITUNGAN HIDROGRAF BANJIR RENCANA
PERIODE ULANG 200 TAHUN

TABEL III.120

Jam	Unit Hidrograf (m ³ /dt/mm)	R1 mm	R2 mm	R3 mm	R4 mm	R5 mm	Total DRH (m ³ /det)	Base FLOW (m ³ /det)	Hir. Banjir m ³ /det
0									
1	2.58	194.04					194.04	1	195.04
2	6.97	524.21	50.18				574.39	1	575.39
3	4.99	375.30	135.57	36.79			547.66	1	548.66
4	3.57	268.50	97.06	99.39	30.11		495.06	1	496.06
5	2.56	192.54	69.44	71.16	81.34	23.43	437.91	1	438.91
6	2.19	164.71	49.79	50.91	58.23	63.29	386.93	1	387.93
7	1.75	131.62	42.59	36.31	41.66	45.31	297.69	1	298.69
8	1.40	105.24	34.04	31.23	29.88	32.42	232.81	1	233.86
9	1.12	84.24	27.23	24.96	25.56	23.24	185.23	1	186.23
10	0.90	67.69	21.78	19.96	20.42	19.89	149.74	1	150.74
11	0.67	50.39	17.51	15.97	16.34	15.89	116.10	1	117.1
12	0.57	42.87	13.03	12.83	13.67	12.71	94.51	1	95.51
13	0.48	36.10	11.09	9.55	10.50	10.17	77.40	1	78.4
14	0.41	30.64	9.34	8.13	7.82	8.17	64.30	1	65.3
15	0.34	25.67	7.97	6.84	6.65	6.06	53.11	1	54.11
16	0.29	21.81	6.61	5.85	5.60	5.18	45.05	1	46.05
17	0.25	18.80	5.64	4.85	4.78	4.36	38.43	1	39.43
18	0.21	15.79	4.66	4.14	3.97	3.72	32.48	1	33.48
19	0.18	13.54	4.08	3.57	3.38	3.09	27.66	1	28.66
20	0.15	11.28	3.50	2.99	2.92	2.63	23.32	1	24.32
21	0.13	9.78	2.92	2.57	2.45	2.27	19.99	1	20.99
22	0.11	8.27	2.53	2.14	2.10	1.91	16.93	1	17.95
23	0.09	6.77	2.14	1.85	1.75	1.63	14.14	1	15.15
24	0.08	6.02	1.75	1.57	1.52	1.36	12.22	1	12.22

III.3. Debit Andalan

Debit andalan adalah debit yang diharapkan selalu ada sepanjang tahun.

Karena tidak ada data debit di lokasi bendungan Pidekso, maka digunakan data hujan dan untuk mencari debit rata-rata bulanan didekati dengan persamaan Rasional dari Jepang yaitu :

$$Q = 0,278 C.I.A$$

dimana :

Q = debit maksimum (m^3/det)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran.

Intensitas hujan ditentukan dengan rumus Dr.

Mononobe :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3}$$

dimana :

R_{24} = Curah hujan maksimum harian (mm).

t = waktu lamanya hujan yang menyebabkan banjir (jam). Dalam hal ini dianggap sama dengan waktu perambatan banjir.

Waktu perambatan banjir ditentukan dengan rumus

Kirpich :

$$t = 0,0785 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77} \text{ menit.}$$

dimana :

t = waktu perambatan banjir (jam)
(time of concentration).

L = Jarak terjauh dari tempat pengamatan diukur dari aliran sungai (m).

$$S = \frac{H}{L}$$

H = Beda tinggi antara titik terjauh dengan titik pengamatan. (m).

Contoh perhitungan.

Perhitungan :

Luas daerah pengaliran : $A = 117 \text{ Km}^2$

Beda tinggi (H) = 30 m.

Panjang sungai (L) = 6,75 Km.

Koefisien pengaliran = 0,75.

Pada bulan Januari 1981 :

$R = 283,5 \text{ mm/bulan}$

= 9,15 mm/hari.

$$t = 0,0195 \left[\frac{L}{\sqrt{H/L}} \right]^{0,77} = 0,0195 \left[\frac{6750}{\sqrt{\frac{38}{6750}}} \right]^{0,77}$$

= 127,25 menit = 2,12 jam.

$$I = \frac{R}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3}$$

$$= \frac{9,15}{24} \left[\frac{24}{2,2} \right]^{2/3} = 1,92 \text{ mm/jan}$$

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A.$$

$$= 0,278 \cdot 0,75 \cdot 1,92 \cdot 117 = 46,84 \text{ m}^3/\text{det.}$$

Perhitungan debit rata-rata bulanan pada bulan berikutnya di tabelkan pada tabel

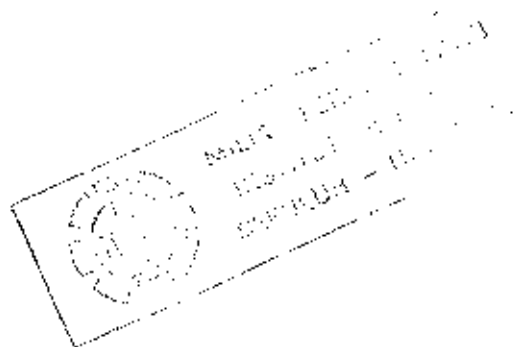


TABLE III.13

CURAH HUJAN BULANAN DI DAS PIDEKSO

Th	TINGGI HUJAN RATA - RATA (mm)											
	B U L A N											
	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEPT	OKT	NOV	DES
1951	283.50	205.50	256.80	135.50	103.80	2.50	0.00	0.00	0.00	16.00	70.50	244.00
62	406.50	267.30	255.80	279.50	67.50	38.50	4.80	32.50	0.00	38.80	174.00	353.80
63	469.50	233.80	251.80	57.30	18.70	20.30	0.00	0.00	0.00	0.00	29.30	131.50
64	162.50	138.80	254.30	207.50	104.30	35.00	0.00	3.30	30.50	143.30	206.80	126.50
65	43.30	334.80	237.00	90.30	33.00	1.50	6.80	0.00	0.00	0.00	56.30	247.00
66	288.50	346.50	540.30	172.80	13.80	48.00	0.00	0.00	7.80	84.00	208.30	375.80
67	394.00	228.80	190.00	165.50	34.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.80	242.30
68	519.50	341.50	324.50	122.30	137.00	243.00	133.50	34.30	18.30	84.80	129.00	533.30
69	334.30	332.00	170.80	143.50	1.00	4.50	0.00	0.00	0.00	43.30	16.00	105.50
1970	254.30	333.50	288.00	245.50	166.00	115.30	31.50	2.10	66.00	97.80	153.50	348.00
71	326.00	347.50	407.80	87.00	170.00	50.00	9.50	0.00	5.00	190.30	226.50	324.80
72	368.80	317.80	263.80	177.30	116.80	3.60	0.00	0.00	0.00	0.00	121.30	211.30
73	526.00	279.50	439.80	168.80	266.50	82.50	20.50	49.00	116.30	91.80	200.80	203.00
74	307.80	373.50	349.50	193.60	247.00	26.50	32.00	88.60	115.50	166.50	249.30	216.00
75	332.50	300.30	419.50	260.50	178.00	0.00	6.80	6.80	242.30	393.00	146.80	354.30
76	474.80	182.50	341.00	60.00	0.00	5.00	0.25	0.80	2.20	71.50	201.00	174.50
77	420.00	388.00	270.50	248.00	22.50	196.00	0.00	0.00	0.00	0.00	89.50	27.00
78	402.00	157.50	324.00	108.00	154.50	350.80	99.50	93.80	73.30	101.50	135.50	275.50
79	339.00	251.00	306.50	321.00	198.50	62.80	0.50	0.00	2.80	50.80	105.80	316.00
1980	349.80	340.00	161.50	255.30	89.80	9.80	3.80	21.30	10.80	45.80	205.80	304.50

Interval m ³ /dt	Titik Tengah	Frekuensi	Kumulatif Frekwensi	%
0 - 4.99	2.5	67	240	100
5 - 9.99	7.5	19	173	72
10 - 14.99	12.5	15	154	64
15 - 19.99	17.5	16	139	58
20 - 24.99	22.5	10	123	51
25 - 29.99	27.5	15	113	47
30 - 34.99	32.5	12	98	41
35 - 39.99	37.5	14	96	35.8
40 - 44.99	42.5	21	72	30
45 - 49.99	47.5	7	51	21
50 - 54.99	52.5	12	44	18
55 - 59.99	57.5	15	32	13.3
60 - 64.99	62.5	3	17	7.1
65 - 69.99	67.5	3	14	5.8
70 - 74.99	72.5	1	11	4.6
75 - 79.99	77.5	4	10	4.2
80 - 84.99	82.5	1	6	2.5
85 - 89.99	87.5	4	5	2.1
90 - 94.99	92.5	-	1	0.42
95 - 99.99	97.5	1	1	0.42

BAB IV

ANALISA ANKUTAN SEDIMENT

IV.1. Umum

Berdasarkan mekanisme angkutannya, angkutan sediment di sungai dapat dibagi menjadi 3 jenis yaitu muatan dasar (bed load), muatan melayang (suspended load) dan muatan kikisan (wash load).

- MUATAN DASAR (BED LOAD) adalah material dasar sungai yang bergerak secara menggeser, menggelinding dan melompat-lompat akibat gaya seret aliran sungai.

- MUATAN SUSPENSI (SUSPENDED LOAD) adalah material dasar sungai yang bergerak melayang dalam aliran sungai.

- MUATAN KIKISAN (WASH LOAD) adalah partikel halus (kurang dari 50 μm) yang tidak dapat mengendap pada dasar sungai, material tersebut melayang pada permukaan. Dalam memperhitungkan jumlah angkutan sediment yang terangkut dalam sungai, biasanya yang diperhitungkan hanya angkutan bed load dan suspended load, karena wash load tidak berpengaruh terhadap alterasi dasar sungai atsupun pendangkalan dasar waduk.

IV.2. ANALISA SUSPENDED LOAD

Menghitung besarnya jumlah angkutan suspensi yang

melewati suatu penampang sungai dalam jangka waktu tertentu, diperlukan data suspended load.

Dalam hal ini di daerah Pidekso tidak ada data suspended load, untuk itu dipakai di Kali Ngembang yang terletak di bagian hilir ± 2 Km dari dan Pidekso.

Besarnya suspended load yang mengalir sepanjang tahun diperhitungkan dengan mencari hubungan antara debit aliran dan konsentrasi sediment. Kemudian dihitung dengan persamaan :

$$Q_s = Q_v \cdot C \cdot K$$

dimana :

Q_s = debit sediment (ton/hari).

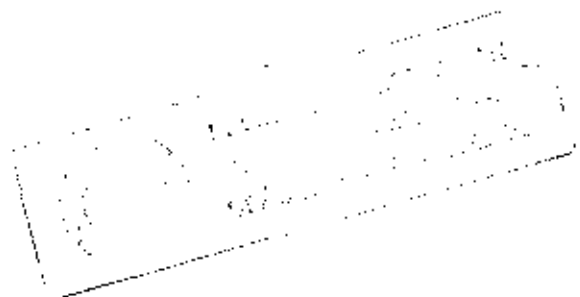
Q_v = debit aliran (m^3 /det).

C = konsentrasi sediment (mg/l).

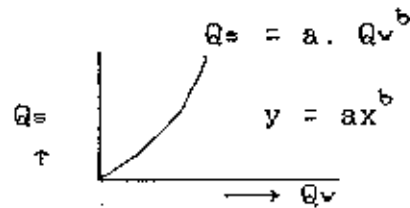
K = 0,0864 (konstanta dimensi satuan).

Dari perhitungan di atas didapatkan hasil debit sediment (ton/hari), untuk mendapatkan besarnya debit sediment di tempat pengamatan, dibuat hubungan antara debit aliran dan debit sediment yang terdapat pada sampel data dengan persamaan regresi power.

Dengan persamaan regresi power, dihubungkan dengan debit aliran pada tempat pengamatan, dapat dihitung debit sediment.



Persamaan regresi power.



Q_v = debit air m^3/det , sebagai absis X

Q_s = debit suspended load ton/hari, sebagai ordinat Y.

dimana harga a dan b diperoleh dengan perumusan :

$$a = \exp \left[\frac{\sum \ln y_i}{n} \right] - \left[b \frac{\sum \ln x_i}{n} \right]$$

$$b = \frac{n \sum (\ln x_i)(\ln y_i) - [(\sum \ln x_i)(\sum \ln y_i)]}{n \sum (\ln x_i)^2 - (\sum \ln x_i)^2}$$

$$r^2 = \frac{\{n \sum (\ln x_i \cdot \ln y_i) - \sum \ln x_i \cdot \sum \ln y_i\}}{\{(n \sum (\ln x_i)^2 - (\sum \ln x_i)^2)(n \sum (\ln y_i)^2 - (\sum \ln y_i)^2)\}}$$

r = angka korelasi

Pengamatan Suspended load di Ngrembang.

Tabel IV.1.

	Debit aliran (Q_v) m^3/det	Consentrasi Sus- pended load (C) mg/l	Debit sediment $Q_s = Q_v \cdot C \cdot 0,0864$ (ton/hari)
1	2,8	388	93,86
2	1,68	297	43,11
3	1,52	257	33,75
4	43,54	4142	15.581,60
5	8,86	588	450,12
6	10,34	1865	1.666,15
7	3,40	403	118,39
8	2,16	258	48,15
8	1,36	255	29,96

Sumber : Proyek Pengembangan Bengawan Solo.

"Perhitungan Q_2 dengan metode Regresi Power".

Tabel IV-2

	X	Y	ln X	ln Y	(lnX ²)	(lnY ²)	lnX . ln Y
1	2,8	93,86	1,0296	4,542	1,06	20,628	4,676
2	1,68	43,11	0,5188	3,764	0,269	14,166	1,583
3	1,52	33,75	0,419	3,519	0,175	12,383	1,474
4	43,54	15581,60	3,774	9,654	14,141	93,197	38,434
5	8,86	450,12	2,182	6,109	4,758	37,326	13,33
6	10,34	1666,15	2,336	7,418	5,457	55,031	17,328
7	3,40	118,39	1,224	4,774	1,490	22,791	5,843
8	2,16	48,15	0,77	3,874	0,593	15,01	2,983
9	1,36	29,96	0,307	3,4	0,095	11,559	1,044
Σ			12,56	47,054	28,147	282,091	85,065

$$b = \frac{n \sum (\ln x_i)(\ln y_i) - [\sum \ln x_i][\sum \ln y_i]}{n \sum (\ln x_i)^2 - (\sum \ln x_i)^2}$$

$$b = \frac{9 \cdot 85,065 - [12,56 \cdot 47,054]}{9 \cdot 28,147 - (12,56)^2}$$

$$b = 1,826$$

$$a = \exp \left[\frac{\sum \ln y_i}{n} \right] - \left[\frac{b \cdot \sum \ln x_i}{n} \right]$$

$$a = \exp \left[\frac{42,054}{9} \right] - \left[\frac{1,826 \cdot 12,56}{9} \right]$$

$$a = 14,584$$

$$r^2 = \frac{\{ n \sum (\ln x_i \cdot \ln y_i) - \sum \ln x_i \cdot \sum \ln y_i \}^2}{\{ [(\sum \ln x_i)^2 - n \sum (\ln x_i)^2] [(\sum \ln y_i)^2 - n \sum (\ln y_i)^2] \}}$$

$$r^2 = \frac{\{ 9 \cdot 85,065 - 12,56 \cdot 47,054 \}^2}{\{ [9 \cdot 28,147 - (12,56)^2] [9 \cdot 282,091 - (47,054)^2] \}}$$

$$r^2 = 0,982$$

$$r^2 = 0,991$$

Dari perhitungan didapat :

$$a = 14,584$$

$$b = 1,826$$

$$r^2 = 0,982$$

Persamaan power regresi

$$Q_S = 14,584 \cdot Q_W^{1,826}$$

dengan angka korelasi $(r) = 0,991$

Untuk mendapatkan angkutan suspended load rata-rata tahunan yang terjadi di waduk Pidekso, dengan cara memasukan debit rata-rata tahunan di daerah DAS Pidekso ke dalam persamaan power regresi.

Perhitungan angkutan

Tabel IV - 3

Th	Debit m ³ / dt ³	Debit sediment ton / tahun
1961	18,35	1.080.361
62	25,31	1.943.484
63	16,99	983.647
64	20,02	1.266.610
65	20,45	1.316.726
66	28,31	2.384.579
67	20,7	1.346.267
68	36,87	3.862.910
69	16,08	848.883
1970	29,4	2554.887
71	28,9	2.634.784
72	21,93	1.485.912
73	35,07	3.525.512
74	33,01	1.156.575
75	36,68	3.826.638
76	21,32	1.420.806
77	26,09	2.054.240
78	31,75	2.940.042
79	27,30	2.231.528
1980	25,33	1.946.288
		42.775.680

Angkutan suspended load rata-rata per tahun

$$= \frac{42.775.680}{20} = 2.138.784 \text{ ton / tahun}$$

IV.3 ANALISA BED LOAD

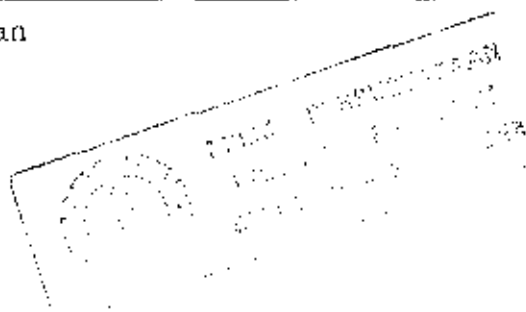
Untuk menghitung angkutan dasar dipakai tabel Borland dan Moddock (Sedimentation Studies for Planning of Reservoir by USBR IV th Congress on Large Dam's 1951).

Dimana mereka membuat hubungan antara konsentrasi suspended load, jenis material dan prosentasi bed load terhadap suspended load, seperti pada tabel IV - 4.

Tabel IV - 4
Tabel Borland and Moddock

Konsentrasi suspended load	Jenis material dasar sungai	Jenis material suspended load	Prosentase bed load thd total suspended load
Rendah ≤ 1000 ppm	Pasir	sama dengan dasar sungai	50 %
	Kerikil/rock (berbatu)	clay, Silt + Sediment pasir	5 %
Sedang 1000 - 7500 ppm	Pasir	sama dengan dasar sungai	10 - 20 %
	Kerikil / batu	Clay, Silt + 25 % pasir	5 - 20 %
Tinggi > 7500 ppm	Pasir	sama dengan dasar sungai	10 - 20 %
	Kerikil / berbatu	Clay, Silt + 25 % pasir atau karang	2 - 8 %

Sumber : Puslitbang Pengairan



Dari tabel IV-1 dapat dilihat konsentrasi suspended load yang pernah terjadi 4142 mg /l (ppm) dihubungkan dengan tabel Borland dan Moddock, maka jenis konsentrasi suspended load termasuk sedang (1000 - 7500 ppm) jenis material dasar sungai berupa pasir, maka persentase bad load terhadap material suspended load 10 - 20 % .

$$\begin{aligned} \text{Angkutan bad-load} &= 20\% \times 2.138.784 \text{ ton/tahun} \\ &= 427.756 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah angkutan sediment} & \\ &= 2.138.784 + 427.756 \\ &= 2.566.540 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

IV.4 PENGENDAPAN SEDIMENT DALAM WADUK.

Untuk menghitung pengendapan dalam waduk ditentukan oleh jumlah sediment yang masuk dalam waduk, dengan memperhatikan faktor rapat masa dari sediment dan trap efisiensi.

RAPAT MASA.

Menentukan rapat masa sidement dalam waduk selama T tahun dipakai perumusan dari Lane dan Koelzer (1935)

$$\rho_b T = \rho_{b_1} + B \cdot \text{Log } T$$

dimana

T = waktu (tahun)

$\rho_b T$ = rapat masa T tahun tertimbun dal. air.

ρ_{b_1} = rapat masa curah permulaan diambil menjadi nilai setelah satu tahun konsolidasi.

Untuk operasi waduk, sediment selalu terbenam, maka harga

$$\rho_{b_1} = 1050 \quad \text{dan} \quad B = 90$$

B = koefisien konsolidasi.

$$\begin{aligned} \rho_{bT} &= 1050 + 90 \text{ Log } 30 \\ &= 1183 \text{ Kg/m}^3 \end{aligned}$$

Rapat masa setelah 30 tahun = 1183 Kg/m^3 total sediment yang masuk dalam waduk

$$= \frac{2.566.540}{1,183} = 2.169.518 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

IV.5 TRAP EFISIENSI

Trap efisiensi adalah perbandingan antara jumlah sediment yang diendapkan dan total sediment inflow trap efisiensi, didapat dari grafik hubungan antara angka perbandingan kapasitas aliran inflow dengan prosentase sediment trap, dibuat oleh Gunar Brune.

$$\text{Debit rata-rata bulanan} = 26,04 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Volume inflow selama 1 tahun

$$\begin{aligned} &= 26,04 \times 365 \times 24 \times 3600 \\ &= 821.197.440 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Kapasitas reservoir maximum} = 119,03 \times 10^6 \text{ m}^3$$

(lihat lengkung kapasitas)

$$\text{Capacity inflow ratio} = \frac{119,06 \times 10^6}{821.197.440} = 0,14$$

Dari gambar IV.1, didapat sediment trapped = 80 %

Volume sediment selama 30 tahun

$$= 80 \% \times 2.169.518 \times 30 = 52.068.432 \text{ m}^3$$

Elevasi dead storage dapat ditentukan pada elevasi
+ 172 m.

DESIGN OF SMALL DAMS

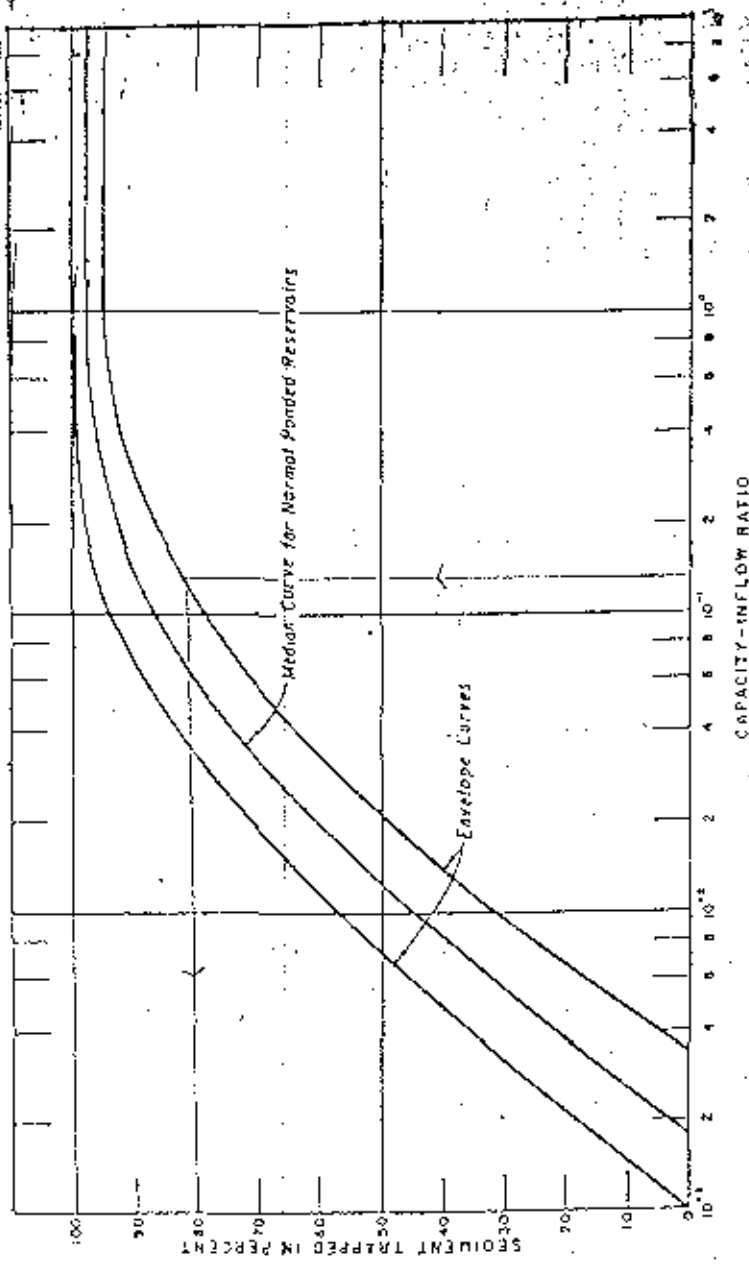


Figure 11-4. Reservoir trap efficiency. Adapted from Brune [14]. 288-D-2845.

gambar IV.1

BAB V

PEMANFAATAN AIR

V.1 PEMANFAATAN AIR UNTUK IRIGASI

Pemberian air untuk tanaman dalam suatu daerah adalah berbeda, karena di pengaruhi beberapa faktor al :

Evaporasi dan transpirasi

Pola tanam

Jenis tanaman

Waktu tanam

dll.

Kondisi klimatologi suatu daerah sangat berpengaruh dalam pemberian air, karena berpengaruh pada evaporasi, infiltrasi & presipitasi. Demikian juga, pola tanam dan waktu tanam cukup besar pengaruhnya dalam pemberian air.

Disamping faktor-faktor di atas, kondisi saluran pembawa, bangunan pertolongan yang menyebabkan kebocoran cukup besar, sehingga pengaruhnya sangat dalam menentukan jumlah air yang harus di pasokkan besar untuk irigasi.

V.1.1 KONDISI DAERAH IRIGASI

Kondisi daerah irigasi Pidekso merupakan dataran sedikit berbukit-bukit, dengan elevasi +145,00 sampai dengan +150,00.

Daerah irigasi Pidekso mempunyai curah hujan yang bervariasi cukup besar.

Secara administratif lokasi daerah irigasi Pidekso, terletak di 3 kecamatan di Kab. Wonogiri Jawa Tengah yaitu :

Kec. Giriwoyo

Kec. Praciwantoro

Kec. Eromoko

Luas daerah irigasi Pidekso \pm 4170 Ha, terdiri dari sawah 1980 Ha, tegalan 720 Ha, rumah tinggal dan halaman 1000 Ha dan lain-lain 470 Ha.

Luas daerah yang bisa dikembangkan sebagai daerah irigasi \pm 2700 Ha

V.1.2 PERHITUNGAN KEBUTUHAN AIR

1. KEBUTUHAN AIR DI SAWAH UNTUK PADI

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

- Penyiapan lahan (PWR)
- Penggunaan konsumtif (ETC)
- Perkolasi dan rembesan (P)
- Pergantian lapisan air (WLR)
- Curah hujan efektif (Re)

Kebutuhan air total di sawah (GFR)

- Untuk penyiapan lahan : $GFR = PWR$

- Untuk pertumbuhan tanaman :

$$GFR = ET_c + P + WLR$$

Kebutuhan bersih air di sawah (NFR)

- Untuk penyiapan lahan : $NFR = PWR - R_e$
- Untuk pertumbuhan tanaman :

$$NFR = ET_c + P - R_e + WLR$$

Penyiapan lahan

Faktor penting yang menentukan besarnya kebutuhan air untuk menyiapkan lahan :

- Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk penyelesaian pekerjaan penyiapan lahan.
- Jumlah air yang diperlukan untuk penyiapan lahan (PWR).

Menurut Standard Perencanaan Irigasi, KPOI :

- Jangka waktu penyiapan lahan 1 - 1 $\frac{1}{2}$ bulan
 - Kebutuhan air untuk penyiapan lahan :
- * Untuk tanah bertekstur berat tanpa retak-retak diambil 200 mm, ini termasuk untuk penyemuan dan pengolahan tanah. Setelah transplantasi lapisan air di sawah ditambah 50 mm; sehingga keseluruhan diperlukan air sebesar 250 mm.
 - * Untuk lahan terlalu lamakering (bero > 2,5bulan) kebutuhan air untuk penyiapan lahan 300 mm.
- Kebutuhan air selama penyiapan lahan dihitung dengan cara Van de Goor dan Zylstra (1988). Cara ini

didasarkan atas laju air konstan (l/dt), selama periode penyiapan lahan.

$$IR = \frac{M \cdot e^k}{e^k - 1}$$

di mana :

IR = Kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm)

M = Kebutuhan air untuk mengganti penguapan dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan.
 $= E_0 + P$, mm/hari

E_0 = Penguapan air bebas = 1,1 E_{T_0} mm/hari

P = perkolasi, mm/hari

$$K = \frac{M \cdot T}{S}$$

T = Jangka waktu penguapan lahan, hari

S = Kebutuhan air untuk penjenuhan ditambah dengan lapisan air 50 mm; sehingga $S = 250$ mm.

Penggunaan Konsumtif (E_{T_c})

Penggunaan konsumtif dihitung dengan rumus :

$$E_{T_c} = K_c \cdot E_{T_0}$$

di mana :

E_{T_c} = Evapotranspirasi tanaman, mm/hari

E_{T_0} = Evapotranspirasi referensi, mm/hari

K_c = koefisien tanaman

E_{T_0} adalah kondisi evapotranspirasi berdasarkan keadaan meteorologi seperti temperatur, radiasi matahari, kelembaban dan angin.

Evapotranspirasi dapat dihitung rumus Penman yang sudah dimodifikasi, perumusan tersebut didasarkan atas tanaman referensi rerumputan pendek (albedo = 0,25)

$$ET_0 = e [W \cdot R_n + (1 - W) f(U) (e_a - e_d)]$$

di mana :

ET_0 = evapotranspirasi tanaman referensi, mm/hari

$W = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma}$ = faktor pembobot yang ada hubungannya dengan temperatur.

Δ = besarnya perubahan tekanan uap jenuh terhadap temperatur.

γ = konstante psychrometric.

R_n = Net radiasi, mm/hari

$f(U)$ = fungsi kecepatan angin

$(e_a - e_d)$ = Perbedaan tekanan uap jenuh pada temperatur rata-rata dengan tekanan uap air di udara sebenarnya, mbar.

C = faktor yang dipengaruhi efek siang dan malam untuk suatu kondisi musim.

Keterangan :

$$R_n = R_{ns} - R_{ne}$$

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s$$

$$R_{ne} = (0,25 + 0,5 n/N) R_a$$

$$R_{ne} = f(T) \cdot f(e_d) \cdot f(n/N)$$

$$f(T) = T^4$$

$$f(e_d) = 0,34 - 0,044 \sqrt{e_d}$$

$$f(n/N) = 0,1 + 0,99 \cdot n/N$$

- R_{ns} = radiasi yang diserap masuk permukaan bumi
 R_{no} = Radiasi yang dipancarkan kembali dari dalam tanah setelah radiasi gelombang pendeknya terserap.
 R_s = Radiasi gelombang pendek
 α = koefisien refleksi (albedo)
 α = 0,05 - 0,07 untuk permukaan air
 α = 0,15 - 0,20 untuk permukaan tanaman
 α = 0,25, yang dipakai dalam metode Penman berdasarkan rerumputan pendek.
 n/N = prosentase penyinaran matahari
 R_0 = radiasi matahari, tabel V.2
 = Konstanta Lummer dan Pringstiem
 = $117,74 \times 10^{-9}$ geal /cm²/hari
 (1 mm/hari = 598 geal/cm²/hari)
 T = temperatur absolut
 = $t^{\circ}\text{C} + 273$
 e_a = Ukuran uap air pada temperatur rata-rata $^{\circ}\text{C}$ (mm bar)
 Tabel V.1
 $f(u) = 0,27 (1 + 0,01 U_2)$
 U_2 = kecepatan angin pada ketinggian 2 m.
 Perhitungan Evapotranspirasi (E_{To}) dapat dilihat pada Tabel V.6.
 Perhitungan Evaporasi diambil dari data stasiun Ngancar dengan ketinggian + 170 dari latitude $7^{\circ} 55' S$

TABEL 2.1 PERHITUNGAN ENERGI TRANSPIRASI DENGAN METODE MODIFIKASI PENMAN

NO	TEK	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEPT	OKT	NOV	DES
1	Temperatur (°C)	26.20	26.40	26.40	26.40	25.60	25.20	25.50	25.90	26.60	26.30	26.40	
2	Kelambatan relatif (%)	86.00	86.00	86.00	85.00	84.00	83.00	81.00	89.00	82.00	83.00	83.00	
3	Lea (Tabel 5.1)	34.82	34.44	34.44	34.44	34.36	32.54	32.08	32.65	33.41	34.86	34.23	34.44
4	Lea = 2 x \bar{L}	29.54	29.62	29.62	28.93	29.63	27.59	28.55	26.45	29.73	28.59	28.41	28.59
5	$(Lea \times 95) \div 5 - 4$	4.68	4.82	5.51	5.23	5.25	5.53	6.20	3.68	6.30	6.13	5.82	5.85
6	kec. angin (km/jam)	32.90	20.12	27.30	44.90	33.10	93.40	124.60	146.40	146.10	62.50	70.10	27.10
7	$f(u) = 0,27 (140,01 \times 6)$	0.36	0.32	0.34	0.39	0.36	0.52	0.51	0.67	0.67	0.44	0.46	0.34
8	$f(u) = 0,34 - 0,044 \sqrt{u}$	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.13	0.12	0.13	0.13	0.13
9	$f(u) = 17,70 \times 10^{-6} - (1,27 \times 10^{-7}) u$	15.99	16.60	16.00	16.00	16.70	15.80	15.18	15.80	15.90	16.00	16.00	16.00
10	Pengyindra: matahari (%)	35.00	38.00	38.00	52.00	58.00	53.00	64.00	64.00	57.00	46.00	47.00	30.00
11	$f(n) = 0,1 - 0,9 (10)$	0.42	0.44	0.44	0.57	0.62	0.58	0.68	0.68	0.61	0.53	0.52	0.37
12	RAE = 5 + 5 (1)	0.81	0.04	0.87	1.09	1.20	1.19	1.39	1.40	1.16	1.10	1.08	0.77
13	Lea (Tabel 5.2)	16.10	16.00	15.50	14.40	13.10	12.40	12.70	13.70	14.90	15.20	16.00	16.00
14	Lea = $(0,25 \times 0,5 \times 10) \times 13$	6.84	7.04	6.82	7.34	7.01	6.39	7.24	7.81	7.97	7.74	7.76	6.40
15	Lea = $(1 - 0,25) \times 10$	5.13	5.28	5.12	5.57	5.30	4.79	5.43	5.86	5.98	5.81	5.82	4.80
16	Lea = 15 - 12	4.32	4.44	4.28	4.42	4.10	3.60	4.04	4.46	4.82	4.71	4.74	4.03
17	$f(w) = w$ label 5.3	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.26	0.25	0.24	0.25	0.25
18	Lea	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.74	0.74	0.74	0.75	0.76	0.75	0.75
19	UU siang/j malam	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
20	Lea label 5-4	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	0.99	1.01	1.02	1.03	1.02	1.02	0.99
21	LETO = $20 \times (19,16 - 17,7,5)$ m/hari	3.60	3.72	3.62	3.89	3.55	3.34	3.85	4.47	4.36	4.33	4.31	3.48



Temperature and Altitudes

Value of Height Factor (f-w) for the Effect of Wind and Humidity on Eto Different

(f-w) at altitude h

Temperature	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
0	0.57	0.54	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.32	0.29	0.25	0.25	0.23	0.23	0.22	0.22	0.19	0.19	0.16
500	0.56	0.52	0.49	0.46	0.43	0.41	0.38	0.35	0.33	0.31	0.28	0.25	0.24	0.22	0.22	0.21	0.19	0.18	0.18	0.15
1000	0.54	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.21	0.19	0.18	0.18	0.15	0.12
2000	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.11
3000	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11
4000	0.46	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11

If also actual vapor pressure (ed) can be obtained from this table using available t dewpoint data (Example : t dewpoint is 19.0C, ed is 20.0 hbar)

Table 5.1

Temperature (C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Wet-bulb depression	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.7	9.3	10	10.7	11.5	12.3	13	14	15	16	17	18.2	19.7	20.6	21.8
Wet-bulb depression	23.4	23.5	24.4	25.1	25.6	26.4	27.6	28.6	29.7	30.7	31.8	32.8	33.8	34.8	35.7	36.8	37.8	38.8	39.8	40.9

Northern Hemisphere

Southern Hemisphere

Northern Hemisphere												Southern Hemisphere												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Lat	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
2.1	6.1	8.4	12.7	15.2	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2	50	17.5	14.7	10.5	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2
4.3	5.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.6	5.0	3.7	48	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.3	4.0	6.0	9.3	13.2	16.6	18.2
4.9	7.1	10.2	13.5	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3	46	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4.0	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7	44	17.8	15.3	11.9	8.2	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2	42	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	10.6	14.0	16.8	18.3
6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7	40	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3
6.9	9.0	11.8	14.5	1.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1	38	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
7.4	9.1	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6	36	17.9	16.0	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.0	18.2
7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.3	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2	34	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
8.3	10.2	12.8	15.0	16.3	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8	32	17.8	16.2	13.5	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3	30	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
9.3	11.1	13.4	15.3	16.3	16.5	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.6	28	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.4	17.2	17.9
9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3	26	17.6	16.4	14.2	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
10.2	11.9	13.8	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7	24	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.3	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.4	13.8	14.6	13.0	10.2	22	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.7	17.0	17.5
11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7	20	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1	18	17.1	16.5	15.1	13.2	11.2	10.2	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6	16	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0	14	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.3	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5	12	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.3	16.4	16.5
13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9	10	16.2	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	12.8	15.9	16.2	16.2
13.6	14.5	15.7	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3	8	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.2	12.7	13.7	14.9	15.3	16.0	16.0
13.9	14.5	15.4	15.4	15.1	14.7	14.7	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7	6	15.9	16.0	15.6	14.7	13.2	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.6	15.2
14.3	15.0	15.5	15.3	14.9	14.5	14.6	15.1	15.3	15.3	14.5	14.3	4	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4	2	15.3	15.7	15.7	15.4	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.6	15.3	15.4	15.1	14.8	0	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

Table 5.4

Adjustment Factor (c) in Proposed Penman Equation

Rs mm/day	R _{max} = 50 %				R _{max} = 60 %				R _{max} = 90 %			
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
U day n/x	U _{day} /U _{night} = 4.0											
0	0.80	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.75	0.86	0.92	0.97	0.92	1.00	1.11	1.19	0.99	1.10	1.23	1.32
6	0.68	0.77	0.87	0.95	0.85	0.96	1.11	1.19	0.94	1.10	1.26	1.35
9	0.55	0.65	0.75	0.90	0.76	0.83	1.02	1.14	0.88	1.01	1.01	1.37
	U _{day} /U _{night} = 3.0											
0	0.55	0.90	1.00	1.00	0.95	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.59	0.76	0.85	0.92	0.87	0.96	1.06	1.12	0.94	1.04	1.18	1.23
6	0.53	0.61	0.74	0.84	0.77	0.83	0.92	1.10	0.86	1.01	1.15	1.22
9	0.37	0.45	0.65	0.75	0.67	0.79	0.88	1.05	0.73	0.92	1.06	1.13
	U _{day} /U _{night} = 2.0											
0	0.85	0.90	1.00	1.00	0.94	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	0.69	0.75	0.85	0.92	0.83	0.91	0.99	1.05	0.89	0.98	1.10	1.14
6	0.53	0.61	0.74	0.84	0.70	0.80	0.94	1.10	0.79	0.92	1.05	1.12
9	0.37	0.45	0.65	0.76	0.59	0.70	0.84	1.05	0.71	0.81	0.81	1.18
	U _{day} /U _{night} = 1.0											
0	0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.03	1.10	1.10
3	0.64	0.71	0.82	0.89	0.78	0.85	0.94	0.99	0.85	0.92	1.01	1.05
6	0.43	0.53	0.63	0.75	0.62	0.70	0.84	0.93	0.72	0.82	0.93	1.00
9	0.27	0.41	0.59	0.70	0.53	0.60	0.75	0.87	0.62	0.72	0.87	0.96

V.1.3 Koefisien Tanaman

Jenis padi yang akan ditanam pada daerah pengembangan Irigasi Pidekso adalah jenis padi varietas unggul. Harga koefisien tanaman padi dapat dilihat pada tabel V.5

Tabel V.5 Harga Koefisien Tanaman Padi

Bulan	Nadeco/Prosida		F A O	
	Varietas biasa	Varietas unggul	Varietas biasa	Varietas unggul
0,5	1,20	1,20	1,10	1,10
1	1,20	1,27	1,10	1,10
1,5	1,32	1,33	1,10	1,05
2	1,40	1,30	1,10	1,05
2,5	1,35	1,30	1,10	0,95
3	1,24	0	1,05	0
3,5	1,12		0,995	
4	0		0	

Sumber : Dirjen Pengairan, Bina Program PSA D10, 1985

V.1.4 Penggantian Lapisan Air

Penggantian air dilakukan sebanyak dua kali sebesar 3,3 mm/hari (50 mm), selama 15 hari yaitu pada satu bulan dan dua bulan setelah transplanting.

V.1.5 Perkolasi

Laju perkolasi sangat tergantung dari sifat-sifat tanah, dari hasil penelitian didapatkan perkolasi rata-rata 1,5 mm/hari.

V.1.6 Curah Hujan-Efektif

Untuk irigasi padi curah hujan efektif bulanan diambil 70 persen dari curah hujan minimum tengah bulanan dengan periode ulang 5 tahun.

$$R_e = 0,7 \frac{R}{15} \text{ (setengah bulanan)}_5$$

R_e = curah hujan efektif, mm/hari

R (setengah bulan)₅ = curah hujan minimum tengah bulanan dengan periode ulang 5 tahun.

Untuk menghitung curah hujan setengah bulanan dengan periode ulang 5 th., dipakai metode Gumbel.

Perhitungan :

Bulan Januari setengah bulanan I

Th.	X_i	$(x_i - \bar{x})^2$
1961	167	22,09
62	228	1316,49
63	187	610,09
64	34	16460,69
65	188	660,49
66	218	3102,49
67	257	8968,09
68	255	8593,29
69	63	9860,49
1970	86	5821,69
71	111	2831,69
72	168	32,49
73	226	4057,69
74	187	610,09
75	189	712,89
76	260	9515,29
77	65	9467,29
78	62	10060,09
79	148	240,49
1980	146	265,69
Σ	3245	96003,8

Dari data diatas didapat

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X_i}{n} = \frac{3245}{20} = 162,3$$

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\Sigma (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{96.003,8}{19}} = 71,1$$

Untuk $T = 5$ tahun $\rightarrow K = 0,9186$ tabel III.6

Jadi $X_T = \bar{X} + K \cdot \sigma_{n-1}$

R (setengah bulanan) = $162,3 + 0,9186 \cdot 71,1 = 227,6$ mm

Perhitungan curah hujan setengah bulanan periode ulang 5 tahun, ditabelkan pada Tabel V.8

Tabel : V.8

Curah hujan setengah bulanan dengan periode ulang 5 tahun (mm)

Bulan	R (setengah bulan) ^s	
	I	II
Januari	227,6	266,2
Februari	262,7	193,03
Maret	199,4	246,6
April	163,7	137,8
M e i	134,8	70,12
Juni	89,2	75,5
Juli	42,6	21,92
Agustus	33,6	39,8
September	55,5	45,3
Oktober	74,5	95,5
Nopember	112,4	110,2
Desember	211,9	193,13

Untuk mendapatkan curah hujan efektif tengah bulanan, R (setengah bulanan) ^s dimasukan dalam rumus :

$$R_e = 0,7 \times \frac{1}{15} R (\text{setengah bulanan})^s$$

Tabel : V.9

Bulan	R efektif (mm/hari)	
	I	II
Januari	10,62	13,36
Februari	12,26	9,0
Maret	9,3	11,51
April	7,64	6,43
M e i	6,29	3,27
Juni	4,16	3,57
Juli	1,99	1,02
Agustus	1,57	1,86
September	2,59	2,1
Oktober	3,48	4,48
Nopember	5,25	5,14
Desember	9,89	9,0

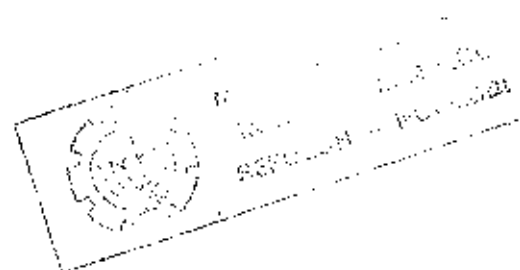


TABLE V. TUCURAH HUIJAH SETENGAH BULANAN DI SYA CIR:INDOYO

TARUPE	JAN		FEB		MAR		APR		MEI		JUN		JUL		AGT		SEPT		OKT		NOV		DES			
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II		
1951	167	149	42	116	272	95	43	110	138	15	10	0	-	-	-	-	-	-	0	19	-	-	-	-		
62	225	122	163	77	166	170	255	90	112	0	8	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	10	22	205	185	
63	167	294	74	109	145	151	30	26	0	11	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	40	63
64	34	103	19	52	79	143	114	71	88	26	39	4	0	0	3	0	7	29	110	120	138	25	16	100	16	100
65	188	254	59	249	165	51	113	4	7	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	139	1202	69	1202	
66	128	56	184	125	114	386	88	90	7	12	49	0	0	0	0	0	0	7	45	58	130	89	185	170	185	
67	257	305	51	154	136	46	98	71	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	11	1109	170	1109	
68	255	221	198	172	112	259	113	88	69	48	67	182	127	67	17	7	16	20	55	11	59	11	204	283	204	
69	63	220	123	127	66	152	82	76	0	2	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	8	116	82	116	
1970	86	158	203	118	54	147	115	138	156	61	102	0	0	9	0	0	0	0	0	0	36	102	299	245	299	
71	111	140	281	75	246	199	99	14	74	116	19	16	3	7	0	0	0	0	0	35	135	243	69	161	44	
72	168	149	141	173	172	95	70	72	84	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	25	96	144	96	
73	226	176	249	41	168	329	0	268	162	106	93	19	17	0	0	94	0	80	18	152	103	180	96	42	96	
74	187	166	95	280	216	130	160	40	182	20	0	26	0	24	105	59	127	15	78	64	109	155	149	39	149	
75	189	146	192	129	117	144	124	116	65	86	0	0	4	0	0	0	141	86	179	155	102	60	185	56	185	
76	260	162	112	127	150	221	14	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	135	42	219	42	
77	65	482	142	198	192	146	181	100	0	0	227	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	169	60	169	
78	62	357	49	105	105	240	75	0	99	74	250	186	87	7	49	86	28	42	20	23	100	94	117	139	117	
79	143	104	45	192	219	148	220	123	178	80	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0	39	167	39	
1950	146	194	118	132	115	26	109	120	59	0	0	32	10	0	0	20	0	0	0	12	25	164	128	164	128	
Σ	162,5	197,3	129,6	151,55	141,6	163,9	105,3	83,2	76,9	34,6	39,5	24,7	11,9	7,05	10,35	12,4	16,45	18,3	29,6	47,55	58,65	55,98	138,05	127,2	138,05	
Σ ₁₋₇₉	71,1	96,75	72,36	60,4	59,62	90,1	63,7	59,47	12,99	38,67	54,1	55,26	33,59	16,19	25,35	29,91	42,5	28,4	18,85	52,3	59,72	55,98	80,4	71,77	80,4	
Σ ₈₀₋₇₉	227,6	206,6	282,7	193,03	199,4	246,6	163,7	137,0	13,48	70,0	89,2	75,5	42,6	21,92	33,6	39,9	55,5	45,3	74,5	95,5	112,4	110,2	211,9	193,13	193,13	

V.1.7 Efisiensi Irigasi

Efisiensi irigasi adalah jumlah air yang dipakai dibanding dengan jumlah air yang diberikan dalam persen.

$$e = \frac{Q_u}{Q_s} \times 100\%$$

dimana :

Q_u = debit air yang dipakai

Q_s = debit air yang diberikan

e = efisiensi irigasi

Menurut S.P.I efisiensi untuk petak sawah sesuai dengan tingkatannya adalah :

tersier = 80%

sekunder = 90%

primer = 90%

Total efisiensi = 65%

V.1.8 Diversion Requirement (DR)

Diversion Requirement adalah banyaknya air yang harus dipasokkan ke petak sawah, setelah diperhitungkan efisiensi irigasinya

$$DR = \frac{NFR}{8,64 e}$$

dimana :

DR = banyaknya air di bangunan sadap/intake yang harus dipasokkan l/det/ha.

NFR = kebutuhan air dipetak sawah mm/hari

e = efisiensi irigasi (%)

V.2 KEBUTUHAN AIR DI SAWAH UNTUK TANAMAN POLOWIJO DAN TEBU.

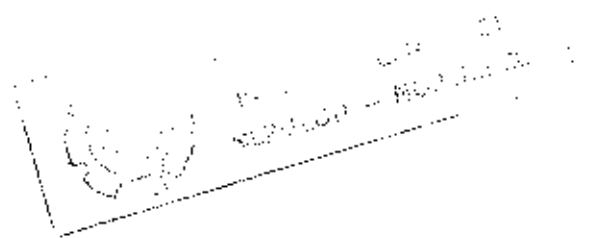
V.2.1. Penyiapan Lahan

Jumlah air untuk penyiapan lahan menurut SPI.KFO1

- Polowijo : 30 sampai 100 mm
- Tebu : 100 sampai 120 mm

V.2.2. Penggunaan Konsuntif

Pada tanaman polowijo, perhitungan ETo nya sama dengan tanaman padi. Harga Ke didasarkan pada data FAO.



Tabel : V

HARGA Ke UNTUK TANAMAN POLOWIJO DENGAN PERHITUNGAN
ETo MENURUT F.A.O

Tanaman	Kedelai	Jagung	Ketanah	Bawang	Buncis	Kapas
Jangka Tumbuh (hari)	85	80	130	70	75	195
$\frac{1}{2}$ bulanan						
1	0,5	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
2	0,75	0,58	0,51	0,51	0,64	0,50
3	1,00	0,86	0,66	0,69	0,89	0,58
4	1,00	0,05	0,85	0,90	0,95	0,75
5	0,82	1,02	0,95	0,95	0,88	0,91
6	0,45	0,85	0,95			1,04
7			0,95			1,05
8			0,85			1,05
9			0,85			1,05
10						0,78
11						0,65
12						0,65
13						0,65

- Diambil dari FAO Guideline Crop for Water Requirement
- Untuk diterapkan dengan metoda ETo Prosida kalikan harga-harga koefisien tanaman dengan 1,5.

V.2.3 Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif untuk tanaman polowijo oleh SPI KPOI dianjurkan dihitung cara USDA - SCS seperti pada tabel V.

V.2.4 Efisiensi Irigasi

Menurut SKI KPIO, untuk tanaman ladang harga efisien irigasi adalah sebagai berikut :

- Jaringan irigasi utama	0,75 - 0,80
- Petak tersier	0,65 - 0,75
- Total efisiensi	0,50 - 0,60

Table A. 2: Curah hujan efektif rata-rata bulanan dikaitkan dengan ET tanaman rata-rata bulanan dan curah hujan mean bulanan (mean monthly rain fall) (USDA (SCS), 1959)

mean mm	12.5	25	37.5	50	62.5	75	87.5	100	112.5	125	137.5	150	162.5	175	187.5	200
25	8	16	24													
50	8	17	25	33	39	43										
75	8	18	27	34	41	48	56	62	69							
100	8	19	28	35	43	53	59	66	73	80	87	94	100			
125	10	20	30	37	46	54	63	70	78	85	93	98	107	115	120	
150	10	21	31	39	47	57	66	74	81	89	97	104	113	119	127	133
175	11	22	32	40	50	60	69	78	86	95	102	111	118	126	134	141
200	11	23	33	41	51	61	70	80	89	98	106	114	122	130	138	146
225	12	24	34	42	52	62	72	82	91	100	109	117	125	133	141	150
250	13	25	35	43	53	63	73	83	93	102	111	120	128	136	145	154

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 :

25	25	37.5	50	62.5	75	100	125	150	175	200
0.93	0.97	0.98	0.98	0.97	1	1.02	1.04	1.06	1.07	1.05

Contoh :

Diketahui :

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

Penyelesaian :

Faktor koreksi untuk tampungan efektif = 1.07

Curah hujan efektif 1.07×74 = 79 mm

Sumber : Ref (SCS, 1977)

TABUL V.11 a

PEREHTINGAN KEBUTUHAN AIR ALTERNATIF I

NO	bln	NOV	DES	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEPT	OCT
item													
1	ETC	4.31	3.48	3.8	3.32	3.82	3.69	3.55	3.34	3.58	4.57	4.36	4.33
2	P	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
3	Re	5.25	5.14	9.99	10.62	13.38	12.26	9.0	19.3	15.51	7.84	5.43	6.25
4	Kc1	1.1	1.1	1.05	0.95	0	1.1	1.1	1.05	0.95	0	1.0	0.82
5	Kc2	1.1	1.1	1.05	0.95	0	1.1	1.1	1.05	0.95	0	1.0	0.82
6	Kc3	1.1	1.1	1.05	0.95	0	1.1	1.1	1.05	0.95	0	1.0	0.82
7	Kc	1.08	1.07	1.02	0.97	0.92	0	1.08	1.07	1.02	0.97	0.91	0.82
8	ETC	3.76	3.85	3.67	2.49	1.19	0	3.82	3.8	3.4	2.24	1.15	5.67
9	WLR1	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
10	WLR2	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
11	WLR3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
12	WLR	1.1	1.1	2.1	1.1	1.1	1.1	1.1	2.1	1.1	1.1	1.1	1.1
13	W	6.24	5.32	3.3	2.3	5.48	5.78	1.1	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
14	T	45.00	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
15	S	250.00	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
16	KA	1.12	0.95	1.12	0.95	0.99	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
17	IRIGPR	9.26	6.36	6.45	7.27	5.09	3.79	0	8.23	8.94	8.94	6.4	7.0
18	WPR	4.01	4.12	0	0	0	0	0	0	1.30	2.51	3.13	2.84
19	WRA	0.71	0.53	0	0	0	0	0	0	0.23	0.45	0.02	0.56
	se/dt/ha												
	TOTAL	1.44	0	0	0	0	0.68	0.58	0.74	0.52	1.20	1.16	0.094
													6.32

TABLE V.11 b

PERHITUNGAN KEBUTUHAN AIR ALTERNATIF II

NO	bls	NOV	DES	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGT	SEPT	OCT
1	ETO	4,31	3,48	3,60	3,72	3,82	3,69	3,55	3,34	3,58	4,47	4,36	4,33
2	P	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
3	Ke	5,25	5,14	4,89	4,0	3,3	4,16	5,27	4,16	3,57	1,57	2,53	3,40
4	Ec1	2,80	1,1	1,05	0,95	0	1,1	1,05	1,05	0,95	0,75	1,0	0,45
5	Ec2		1,1	1,05	1,05	0,45	1,1	1,1	1,05	0,95	0,5	1,0	0,82
6	Ec3	0,45	1,1	1,1	1,05	0,95	1,1	1,1	1,05	0,95	0,5	1,0	1,0
7	Ec	0,15	1,1	1,08	1,02	0,32	1,1	1,08	1,07	0,98	0,41	0,94	0,75
8	ETC	0,65	3,89	3,85	3,57	2,49	1,16	3,83	3,57	3,41	1,83	3,97	3,25
9	WDR1		3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
10	WDR2			1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
11	WDR3												
12	WDR												
13	M	6,84	5,33				5,78	5,41					
14	T	45,00	45				45	45					
15	S	250,00	250				250	250					
16	K	1,12	0,96				1,04	0,97					
17	IRIGFE	2,15	1,65	1,65	1,49	0	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64
18	NFE	0	0	0	0	0	1,3	2,51	2,42	3,16	2,01	3,54	3,01
19	DR	0	0	0	0	0	0,23	0,45	0,43	0,56	0,36	0,53	0,54
	e/dt/ha												
	TOTAL	0,94	0	0	0	0	0,68	0,99	0,99	0,99	0,77	1,29	0,27

Diambil ALTERNATIF I

KEBUTUHAN AIR DENGAN LUAS DAERAH IRIGASI 2700 Ha
POLA TANAM PADI 1, PADI 2, POLOWIJO.

Tabel V.12

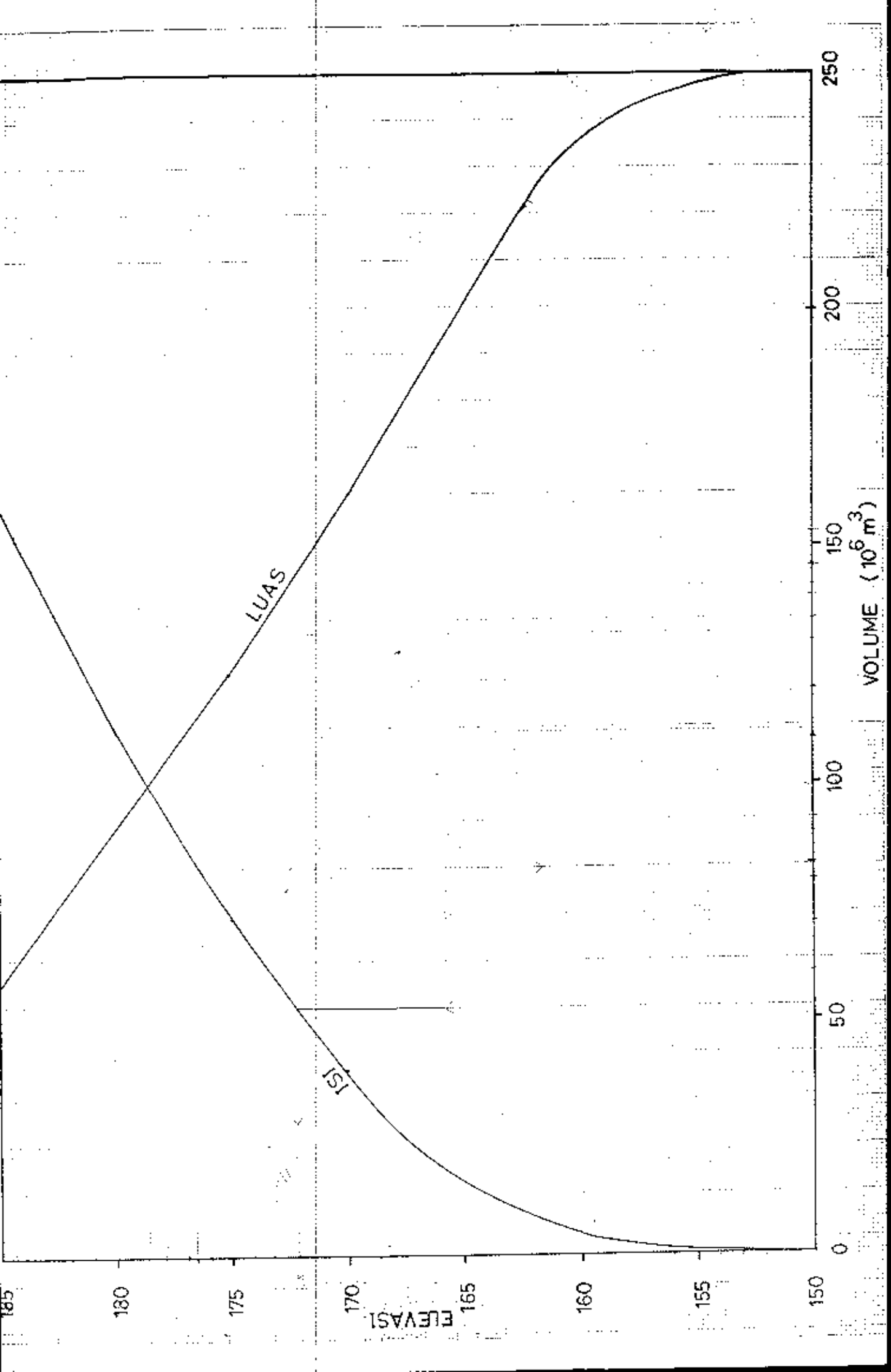
Bulan	Kebutuhan air	
	l/det/ha	m ³ /det
Januari	0,0	0,0
Februari	0,0	0,0
Maret	0,0	0,0
April	0,68	1,84
Mei	0,58	1,57
Juni	0,74	2,0
Juli	0,52	1,40
Agustus	1,2	3,24
September	1,16	3,13
Oktober	0,004	0,01
Nopember	1,44	3,89
Desember	0,0	0,0



V.3 PERHITUNGAN LENGKUNG KAPASITAS DARI LUAS GENANGAN

Tabel

Elevasi	Luas Per mukaan (F) Km^2	Luas Per mukaan rata-rata (Km^2)	Beda Tinggi (m)	Volume $\times 10^6 \text{m}^3$	Σ Volume $\times 10^6 \text{m}^3$
+ 150	0	0,080	5	0,40	0,40
+ 155	0,16	0,845	5	4,225	4,625
+ 160	1,53	2,510	5	12,55	17,175
+ 165	3,49	4,450	5	22,25	39,425
+ 170	5,41	6,330	5	31,65	71,075
+ 175	7,25	7,925	5	39,625	110,70
+ 180	8,60	9,260	5	46,30	259
+ 195	9,92				



V.4 PERHITUNGAN KAPASITAS WADUK.

Sebagai inflow dipergunakan debit rata-rata bulanan pada ahun terkering ditambah base flow sebesar $1 \text{ m}^3/\text{det}$ Untuk out flow terdiri dari debit untuk PLTA dan Evaporasi.

Untuk kebutuhan PLTA dipergunakan debit sebesar $3,89 \text{ m}^3/\text{det}$ yang merupakan debit maksimum untuk irigasi. Karena sebelum dipergunakan untuk irigasi debit tersebut dipergunakan untuk PLTA.

Dalam memperkirakan jumlah evaporasi dipakai luas genangan $8,6 \text{ km}^2$.

TABEL V

Bulan	Inflow $\times 10^6 \text{ m}^3$	Out flow		Kekurangan $\times 10^6 \text{ m}^3$
		Evaporasi $\times 10^6 \text{ m}^3$	Keb. PLTA $\times 10^6 \text{ m}^3$	
Januari	210,55	1,06	10,42	-
Pebruari	106,12	1,06	10,08	-
Maret	123,96	1,07	10,42	-
April	27,87	1,10	10,08	-
Mei	10,98	1,04	10,42	0,48
Juni	11,59	0,88	10,08	-
Juli	2,68	1,05	10,42	8,79
Agustus	2,68	1,31	10,42	9,05
September	2,59	1,24	10,08	8,73
Oktober	2,68	1,27	10,42	9,01
November	15,55	1,22	10,08	-
Desember	60,91	1,02	10,42	-

VOLUME EFEKTIF YANG HARUS DITAMPUNG
DALAM WADUK = $36,06 \times 10^6 \text{ m}^3$

V.5 Menentukan Diameter Head race tunnel.

Menentukan diameter Head race tunnel dengan rumus dari hydro Power potensial yaitu :

$$D_{TR} = 1,05 \times Q_{pt}^{0,372}$$

di mana :

D_{TR} = Diameter Head race tunnel (m)

Q_{pt} = debit maksimum (m^3/det)

Debit yang digunakan untuk PLTA sebesar $3,89 m^3/det$.

$$D_{TR} = 1,05 \times 3,89^{0,372}$$

$$= 1,74 \text{ m} \quad - \quad \text{diambil } 1,80 \text{ m}$$

Agar tidak terjadi isapan udara ke dalam intake maka intake harus di bawah muka air terendah (LWL).

$$LWL = H_1 + (2,5 \text{ DIA})$$

di mana :

H_1 = elevasi endapan selama 30 th.

DIA = Diameter water way

$$LWL = + 172 + (2,5 \times 1,80) = + 176,5$$

Diplotkan pada lengkung kapasitas di dapat dead storage = $83 \times 10^6 m^3$

V.6 PENENTUAN MUKA AIR OPERASI OPERASI TERTINGGI (HWL).

Volume dead storage (pada elevasi LWL) = $83 \times 10^6 m^3$

Volume efektif = $36,06 \times 10^6 m^3$

Gross Storage = $119,06 \times 10^6 m^3$



Diplotkan pada lengkung kapasitas untuk volume $119,06 \times 10^6$ di dapat elevasi + 181,00 m.

V.7. TINGGI JATUH EFEKTIF.

Tinggi jatuh efektif adalah tinggi tekanan yang menghasilkan energi, setelah dikurangi kehilangan tinggi tekanan akibat gesekan, perubahan luas penampang, karena tekukan/belokan dan karena pintu pemasukan dan lain-lainnya.

Dalam hal ini kehilangan tinggi tekanan (h_f) diambil 5% dari tinggi tekanan kotor.

Tinggi tekanan kotor (gross head) adalah perbedaan elevasi permukaan air di reservoir dengan elevasi muka air di down stream waduk (TWL). Tinggi tekanan kotor (gross head) = $181,00 - 150,00 = 31,0$ meter.

Tinggi jatuh efektif (H_n) = $NWL - TWL - h_f$

$$\begin{aligned} &= \frac{HWL + LWL}{2} - TWL - h_f \\ &= \frac{181 + 176,5}{2} - 150 - 5\% \cdot 31,0 \\ &= 27,20 \text{ m} \end{aligned}$$

V.8 PERHITUNGAN ENERGI.

Daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga air, dihitung dengan persamaan :

$$P = \eta \cdot 9,8 \cdot Q \cdot H_n$$

di mana :

P = daya yang dihasilkan (kw)

Q = debit yang tersedia (m^3/det)

H_n = tinggi jatuh efektif (m)

η = efisiensi generator dan Turbin (0,85 - 0,9)

$$P = 0,87 \cdot 9,8 \cdot 3,88 \cdot 27,20 = 902,12 \text{ kw.}$$

Total Energi yang dihasilkan dalam setahun

$$E = P \cdot t$$

$$t = 365 \times 24 \text{ jam} = 8760 \text{ jam}$$

$$E = 902,12 \times 8760 = 7.902.571 \text{ kWh.}$$

V.9 MENETUKAN JENIS ALIRAN TURBIN.

Turbin air adalah Turbin yang menggunakan air sebagai penggerak utamanya, di mana air mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah dengan tinggi jatuh tertentu.

Dengan turbin ini tenaga kinetis diubah menjadi tenaga energi mekanis.,

Untuk menentukan jenis turbin yang akan digunakan untuk pembangkit listrik tenaga air, diuraikan secara singkat dan garis besar saja, yaitu berdasarkan pada tinggi jatuh atau head dari turbin.:

KLASIFIKASI TURBIN BERDASARKAN TINGGI JATUH

Kategori	Tinggi Jatuh	Jenis Turbin
Low head	3 - 10 m	Propeller
Medium head	25 - 350 m	Francis /Kaplan
Hight head	300 - 1800 m	Pelton

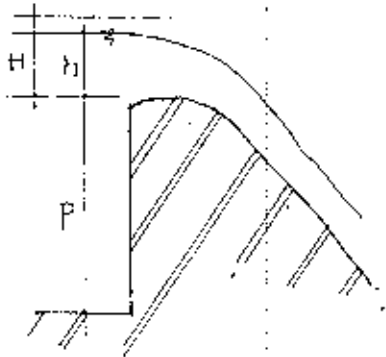
Untuk PLTA Pidekso mempunyai tinggi jatuh 32,5 meter sehingga dipakai turbin jenis Kaplan.

V.10 SPILLWAY

Spillway adalah bagian dari bendungan yang berfungsi untuk mengalirkan kelebihan air yang tidak dapat ditampung oleh bendungan.

Perhitungan debit melalui Spillway adalah

$$Q = c.b.H^{3/2}$$



Dimana :

Q = debit yang melimpah (m^3/dt)

c = koefisien limpahan

b = panjang spillway (m)

H = Tinggi total tekanan air di atas mercu

Spillway pada bendungan Pidekso direncanakan untuk debit banjir Q_{1000} .

Dari perhitungan Optimasi lebar Spillway terhadap biaya diperoleh yang paling ekonomis $(L) = 50$ m (lihat gb. V.a)

Rencana Spillway

- Debit limpahan diperkirakan $\approx 0,5 Q_{1000} = 352 \text{ m}^3/\text{det}$
- HWL Spillway + 181,0 m

Selanjutnya untuk perhitungannya dilakukan dengan Trial

$$\left. \begin{array}{l} P = 4 \text{ m} \\ H = 2,2 \text{ m} \end{array} \right\} \frac{P}{H} = 1,82 \rightarrow \text{gb. V.a} \\ C = 2,161$$

$$Q = 2,161 \times 50 \times 2,2^{3/2} = 352,5 \text{ m}^3/\text{det} \quad (\text{ok !})$$

Tinggi air di atas mercu

$$H = h + \frac{v^2}{2g}, \quad v = \frac{Q}{F} = \frac{Q}{(P+h)L} = \frac{352}{(4+h) \cdot 50}$$

$$2,2 = h + \left[\frac{352}{(4+h) \cdot 50} \right]^2 \quad \text{dengan Trial} \rightarrow h = 2,1 \text{ m}$$

V.10.1 Perhitungan Koefisien Limpahan (C)

Koefisien limpahan (c) dihitung dengan rumus Kwayaki

$$C_d = 2,20 - 0,0416 (H_a/w)$$

$$c = 1,80 = \frac{1 + 2a (h/H_d)}{1 + b (h/H_a)}$$

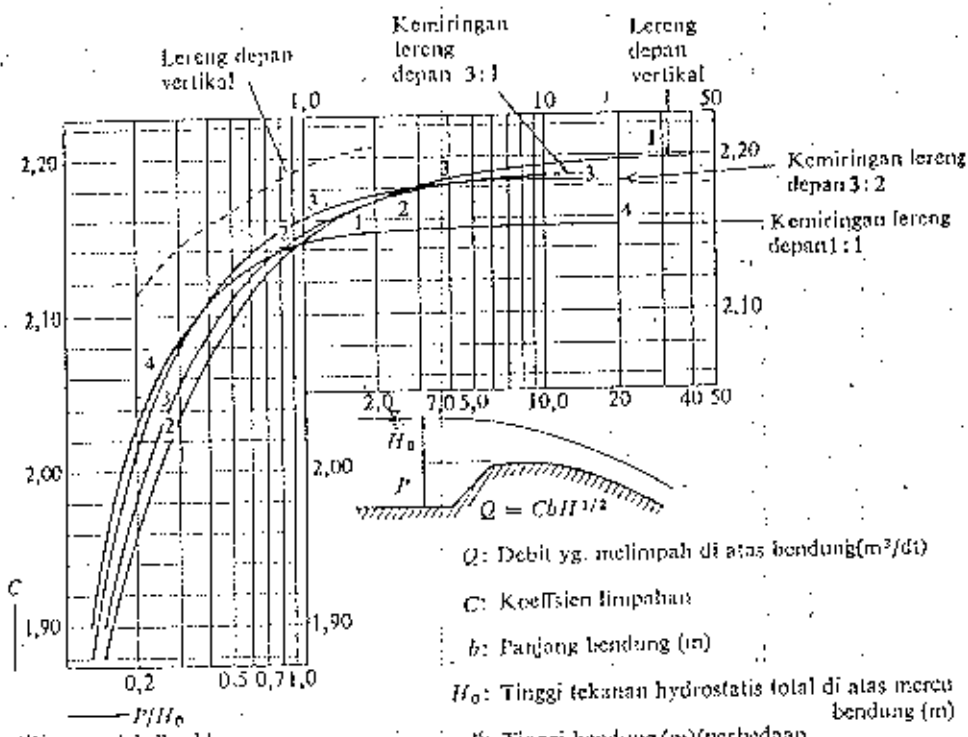
dimana : c = Koefisien limpahan

C_d = Koefisien limpahan pada saat $H_d = h$

H_d = Tinggi tekanan air di atas mercu (m)

h = Tinggi air diatas mercu (m)

W = Tinggi spillway (m)



- Q : Debit yg. melimpah di atas bendung (m^3/dt)
- C : Koefisien limpahan
- b : Panjang bendung (m)
- H_0 : Tinggi tekanan hidrostatik total di atas mercu bendung (m)
- P : Tinggi bendung (m) (perbedaan elevasi antara mercu bendung dan dasar saluran pengarah)

— P/H_0
 (Disusun oleh Boukler Canyon Final Reports, Bagian IV, Bull. 3)

Koefisien limpahan dari berbagai type bendung (yang dipengaruhi oleh kedalaman air dalam saluran pengarah).

a = konstanta diperoleh pada saat $h = H_a$
berarti $c = C_d$

Diketahui : $H_d = 3,22$ m

$P = 4$

$$C_d = 2,20 - 0,146 \left(\frac{22,3}{4} \right)^{0,99} = 2,17$$

Untuk $C_d = c$ dan $H_d = h$

$$2,17 = 1,60 \frac{1 + 2a}{1 + a} \text{ -----> } a=0,55$$

$$c = 1,60 - \frac{1 + 2,55}{1 + 0,55} \frac{(h/H_d)}{(h/H_d)}$$

Tabel debit yang melimpah

$L = 50$ m

$H_d = 3,22$ m

Elevasi	h	h/dt	c	$\frac{a}{3}cbh^{3/2}$ m ³ /det
181,0	0,0	-	-	-
181,64	0,2	0,2	1,76	45,08
182,28	1,28	0,4	1,89	136,85
182,92	1,92	0,6	2,0	266,04
183,56	2,56	0,8	2,08	428,03
184,22	3,22	1	2,16	624,03

Metode Modified Plus - Storage Routing

$\Delta t = 1$ jam = 360 detik

Elevasi	S 10^6 m^3	Q m^3/det	$S + \frac{Q \cdot \Delta t}{z}$ (10^6 m^3)
181,0	119,06	-	119,06
181,64	126,00	45,06	126,08
182,28	130,00	136,85	130,25
182,92	136,00	226,04	136,48
183,56	141,00	428,03	141,77
184,22	150,00	624,03	151,12

Hubungan antara Q dan $\left\{ S + \frac{Q \cdot \Delta t}{z} \right\}$ ukuran Elevasi di plot pada gambar V.

Gambar V.

V.10.2 FLOOD ROUTING Q_{1000}

T Jam	I (m^3/det)	\bar{I} (m^3/det)	$\bar{I} \Delta t$ ($10^6 m^3$)	$S - \frac{O \cdot \Delta t}{2}$ ($10^6 m^3$)	$S + \frac{O \cdot \Delta t}{2}$ ($10^6 m^3$)	E L (m)	O m^3/det
0	1,0				119,06	181,0	1
1	237,95	119,98	0,43	119,06	119,49	181,03	5
2	702,4	470,16	1,69	119,48	121,17	181,20	15
3	669,76	686,08	2,47	121,14	123,61	181,50	25
4	605,57	637,67	2,29	123,57	125,86	181,63	40
5	535,74	570,66	2,05	125,78	127,84	182,9	80
6	473,46	504,61	1,81	127,70	129,51	182,15	115
7	364,49	418,98	1,5	129,3	130,8	182,33	145
8	285,33	324,91	1,17	130,54	131,71	182,43	165
9	227,17	256,25	0,92	131,41	132,33	182,48	175
10	193,86	210,52	0,75	132,02	132,77	182,55	190
11	142,76	168,31	0,6	132,43	133,03	182,56	193
12	116,41	129,59	0,46	132,68	133,14	182,57	194
13	95,53	105,97	0,38	132,79	133,17	182,58	195
14	79,5	87,52	0,31	132,82	133,13	182,57	194
15	65,87	72,69	0,26	132,78	133,04	182,56	193
16	56,01	60,94	0,22	132,69	132,91	182,55	190
17	47,93	51,97	0,18	132,57	132,75	182,54	187
18	40,67	44,3	0,16	132,51	132,57	182,5	180
19	34,78	37,73	0,13	132,25	132,38	182,49	178
20	29,48	32,14	0,11	132,06	131,17	182,45	170
21	25,4	27,45	0,09	131,86	131,95	182,43	165
22	21,7	23,85	0,08	131,64	131,72	182,41	162
23	18,27	20,0	0,07	131,42	131,49	182,38	155
24	15,92	17,1	0,06	131,20	131,26		

$$\begin{aligned}
 \text{EVALUASI PUNCAK BENDUNGAN} &= \text{FWL} + \text{JAGAAN} \\
 &= 182,58 + 2,0 = + 184,58 \\
 &\quad + 184,60
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{TINGGI BENDUNGAN} &= \text{EL. PUNCAK BENDUNGAN} - \text{EL. DASAR SUNGAI} \\
 &= 184,60 - 150,0 = 34,6 \text{ meter.}
 \end{aligned}$$

BAB VI
ANALISA EKONOMI

VI.1. UMUM.

Analisa ekonomi dibuat untuk mendapatkan gambaran secara garis besar biaya untuk membuat bendungan Fidekso dan keuntungan yang akan diperoleh nanti apakah sebanding dengan biaya pembuatannya. Keuntungan yang diperoleh berupa tenaga listrik yang dihasilkan dan peningkatan produksi pertanian.

Dalam study ini dipakai beberapa asumsi dalam menyelesaikan analisa ekonomi :

1. Lama pembangunan proyek diperkirakan selama 5 tahun, terhitung mulai tahun 1990-1995.
2. Umur bangunan diperkirakan selama 30 tahun.
3. Tahapan pembayaran proyek dilakukan dalam lima tahapan pembayaran yaitu :
 - Pembayaran I sebesar 7%
 - Pembayaran II sebesar 28%
 - Pembayaran III sebesar 28%
 - Pembayaran IV sebesar 32%
 - Pembayaran V sebesar 5%
4. Perhitungan benefit cost ratio (BCR) didasarkan nilai uang 1 US \$ sebanding dengan Rp. 1700,-.

Perhitungan keuntungan pertanian didasarkan pada tingkat harga tahun 1990 yang berasal dari penaksiran harga tetap tahun 1989. Sedangkan penentuan harga konstruksi dipakai perkiraan harga yang dibuat oleh Team Hydropower Potensial Study (HPPS).

VI.2. PENINGKATAN PENDAPATAN DARI SEKTOR PERTANIAN.

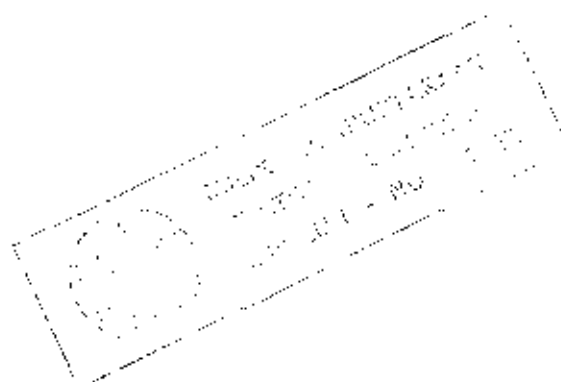
Tumbuhan utama di musim hujan adalah padi dan di musim kering ditanami jagung, kacang tanah, kedelai dan ketela. Hasil produksi padi per hektar 3,8 ton/ha. Jagung 0,9 ton/ha, kacang tanah 0,80 ton/ha. Kedelai 0,60 ton/ha dan ketela 4,6 ton/ha.

Dengan adanya bendungan Pidekso diharapkan produksi meningkat menjadi : padi 5 ton/ha dan kedelai 1,4 ton/ha. Luas lahan pertanian di daerah Pidekso 2700 Ha.

PENDAPATAN BERSIH PER HA. TANAMAN PADI DAN POLOWIJO
SEBELUM ADA BENDUNGAN PIDEKSO

TABEL

Jenis Tanaman	Luas areal dalam 1 thn (Ha)	Hasil ton/ha	Harga/ton 10 ³ Rp	Pendapatan /Ha 10 ³ Rp	Biaya Pengolahan lahan /ha 10 ³ Rp	Pendapatan bersih /ha	Total Pendapatan 10 ³ Rp
1. Padi							
Padi rendeng	1760	3,80	240	912	438,41	473,59	833.518
Padi gadu	630	3,80	240	912	438,41	473,59	275.681
Padi tadah hujan	220	3,40	240	816	438,41	377,59	83.069
Tegalan	110	2,90	240	696	438,41	257,59	28.335
2. Polowijo							
Jagung	180	0,90	157	141,3	71,14	70,16	12.629
Kacang tanah	440	0,80	630	504	202,4	301,6	132.704
Kedelai	500	0,80	370	286	116,5	179,5	89.750
Ketela	430	4,60	54	284,4	129,15	155,25	66.758
Total						= 1.522.444	



PENDAPATAN BERSIH PER TAHUN TANAMAN PADI DAN POLOWIJO
SESUDAH ADA WADUK

TABEL

Jenis Tanaman	Luas areal dalam 1 thn (Ha)	Hasil ton/ha	Harga/ton 10^3 Rp	Pendapatan /Ha 10^3 Rp	Biaya Pengolahan /ha 10^3 Rp	Pendapatan bersih /ha	Total Pendapatan 10^3 Rp
Padi	5400	5,5	240	1320	494,7	825,3	4456620
Kedelai	2700	1,4	370	518	139,65	378,35	1021545

Total = 5.478.165

BIAYA PENGOLAHAN RENCANA

TABEL

ITEM	PADI			KEDELAI		
	JUML	Harga satuan Rp.	Biaya $\times 10^3$ Rp	JUML	Harga satuan Rp	Biaya 10^3 Rp
Benih (kg/ha)	35	250	8,75	25	550	13,75
Fupuk Urea (kg/ha)	225	275	61,88	30	275	8,25
TSP (kg/ha)	150	240	36,000	60	240	14,4
Pestisida (l/ha)	5	4500	22,5	2	4500	9
Sewa Hewan	24	2000	48	-	-	-
Upah Buruh						
.Pengolahan Tanah (PEK)	70	1200	84	20	1200	24
.Penanaman dan pemeliharaan	125	1200	150	35	1200	42
.Panen dan Pengo- lahan hasil	50	1200	60	18	1200	21,6
.Lain-lain 5%			23,56			6,65
TOTAL			494,7			139,65

Pendapatan sesudah ada waduk Rp. 5.478.165.000,--

Pendapatan sebelum ada waduk Rp. 1.522.444.000,--

Peningkatan pendapatan Rp. 3.955.721.000,--

dari sektor pertanian 1 tahun US \$ 2.326.894.

VI.3. KEUNTUNGAN DARI HASIL PENJUALAN ENERGI LISTRIK.

Energi listrik yang dihasilkan per tahun 7.902.571 kWh, dan harga energi = 0,075125 US \$ per kWh.
Keuntungan per tahun = US \$ 593.680.

Perhitungan Keuntungan :

Keuntungan total per tahun

US \$ 2.326.894 + US \$ 593.680 = US \$ 2.920.574.

Umur waduk 30 tahun

$$i = 8\%$$

$$P = fPw \times A$$

$$P = 11,258 \times 2,92 \times 10^6$$

$$= \text{US } \$ 32,87 \times 10^6$$

dimana :

fPw = factor nilai uang sekarang

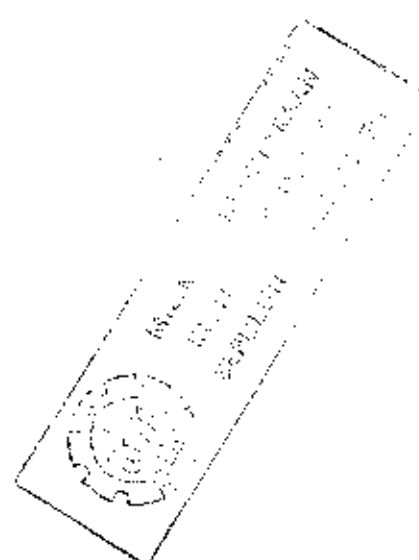
$$= \frac{(1 + i)^n - 1}{i + (1 + i)^n}$$

$$= \frac{(1 + 0,08)^{30} - 1}{0,08 + (1 + 0,08)^{30}} = 11,258$$

A = Keuntungan bersih/tahun.

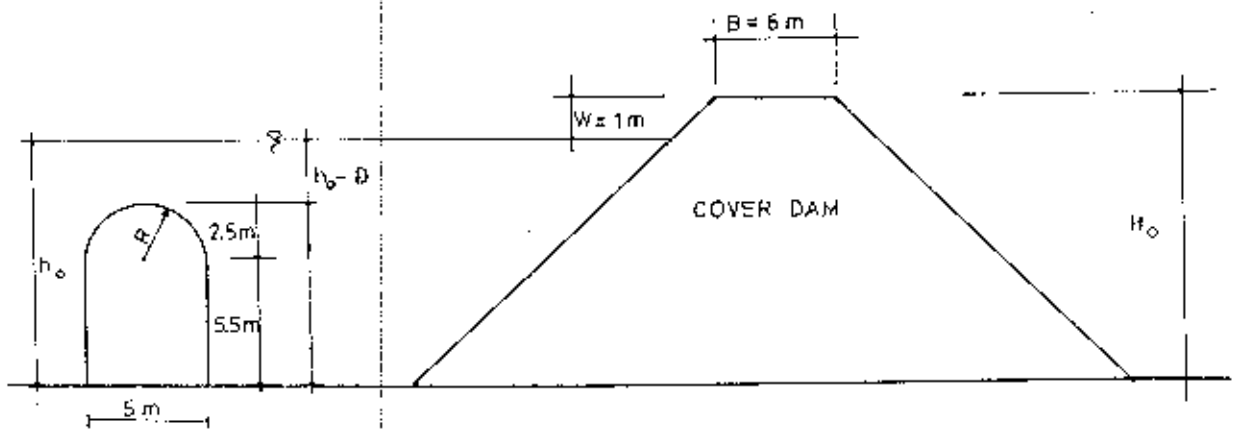
VI.4. BANGUNAN PENGELAK.

Bangunan pengelak digunakan untuk mengalihkan aliran sungai selama pelaksanaan pekerjaan bendungan utama. Bangunan elak dibuat terdiri dari cover dam dan



saluran elak serta terowongan elak. Debit rencana yang akan melewati terowongan elak adalah debit dengan periode ulang 20 tahun (Q_{20}) yaitu sebesar $373,87 \text{ m}^3/\text{det}$. Cover dam dibuat di hulu dan di hilir bendungan utama, yang nantinya menjadi bagian dari bendungan utama.

Terowongan Elak



$$Q = 373,87 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$A = 5 \times 5,5 + \frac{1}{2} \pi (2,5)^2 = 37,31$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{373,87}{37,31} = 10 \text{ m/det.}$$

f_e = koefisien kehilangan tinggi pada pemasukan diambil = 0,2 (sumber HPPS)

$$h_o = (1 + f_e) \cdot \frac{V^2}{2g} + D$$

$$h_o = (1 + 0,2) \cdot \frac{10^2}{2 \cdot 9,8} + 8$$

$$= 14,1 \text{ m}$$

* Tinggi coverdam

$$H_o = 14,1 + 1 = 15,1 \text{ m}$$

* Lebar mercu coverdam, rumus diambil dari buku "Bendungan

Type Urugan" :

$$B = 3,6 H^{1/3} - 3$$

$$= 3,6 (15,1)^{1/3} - 3 = 5,89 \text{ diambil } 6 \text{ m}$$

Rencana Diversion Chanel

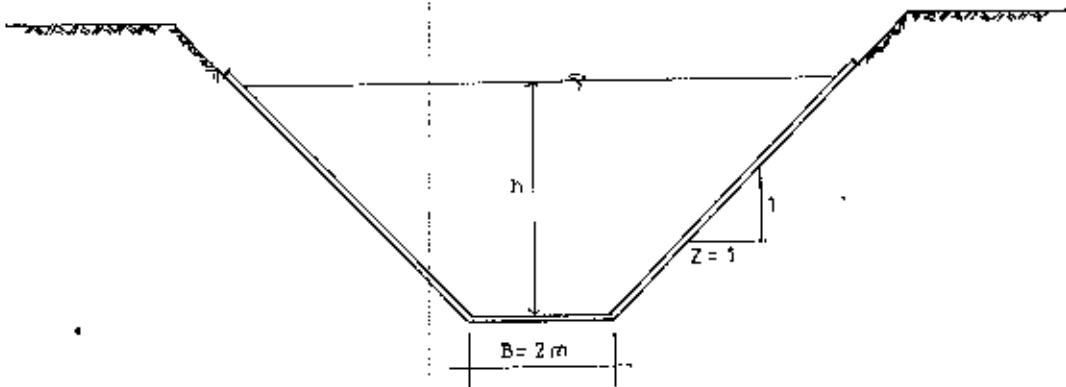
$$Q = 373,87 \text{ m}^3/\text{det}$$

Direncanakan : $B = 2 \text{ m}$

$$h = 14,1 \text{ m}$$

$n = 0,014$ (koefisien kekasaran Manning)

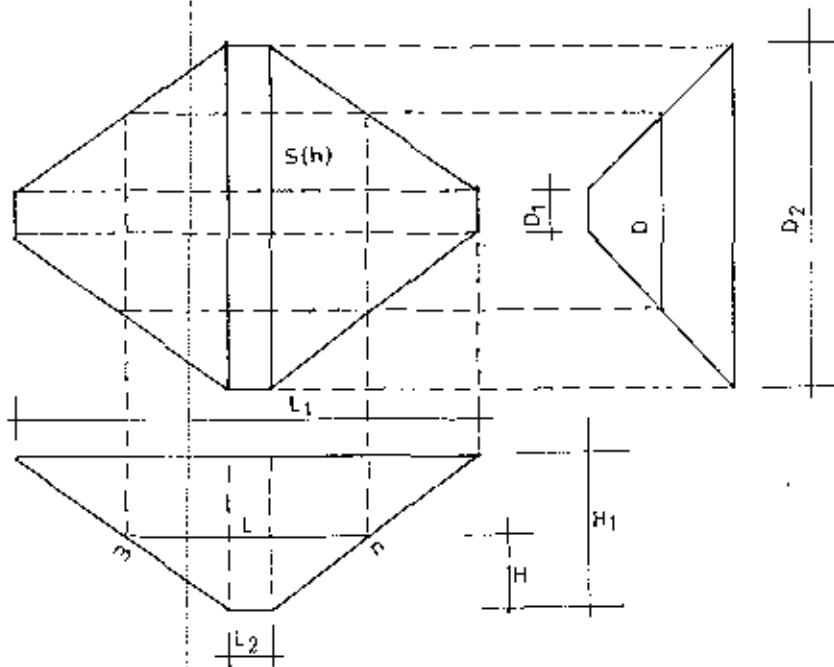
Talud 1 : 1



$$\begin{aligned}
 A &= (b + z \cdot h)h \\
 &= (2 + 1 \cdot 14,1)14,1 = 227,01 \text{ m}^2 \\
 V &= \frac{Q}{A} = \frac{373,87}{227,01} = 1,65 \text{ m/det} \\
 V &= \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \\
 R &= \frac{A}{Q} = \frac{227,01}{1,65} \\
 &= \frac{227,01}{2 + 2 \cdot 14,1 \sqrt{1 + 1^2}} = 5,42 \\
 1,65 &= \frac{1}{0,014} \cdot (5,42)^{2/3} \cdot I^{1/2} \\
 I &= 0,000056
 \end{aligned}$$

VI.5. PERKIRAAN VOLUME BENDUNGAN

Volume bendungan dihitung dengan anggapan bahwa bentuk bendungan seperti pada gambar di bawah ini.



dimana :

D_2 = Panjang tubuh bendungan (m).

D_1 = Lebar Dasar Sungai (m).

D = Panjang tubuh bendung yang ditinjau (m).

L_1 = Lebar tubuh bendungan (m).

L_2 = Lebar mercu bendungan (m).

L = Lebar tubuh bendungan yang ditinjau (m).

H_1 = Tinggi bendungan (m).

H = Tinggi bendungan yang ditinjau (m).

Luas bidang $S(h) = L \times D$

dimana :

$$L(h) = L_1 \times \frac{H}{H_1} + L_2 \times \frac{(H_1 - H)}{H_1}$$

$$D(h) = D_1 \times \frac{H}{H_1} + D \times \frac{(H_1 - H)}{H_1}$$

LEBAR MERCU BENDUNGAN

Untuk menghitung lebar mercu bendungan, dipakai rumus dari buku "Bendungan Type Urugan" hal 174 :

$$B = 3,6 H^{1/3} - 3$$

dimana :

B = lebar mercu bendungan (m).

H = tinggi bendungan (m).

Diketahui : $H = 34,6$ meter

$$B = 3,6 (34,6)^{1/3} - 3 = 8,7 \text{ meter}$$

diambil 9 meter

KEMIRINGAN LERENG.

Untuk menghitung kemiringan lereng bendungan dipakai rumus dari buku "Design Consideration in Field Type dams" :

$$\text{SF upstream} : \frac{m - K \cdot \sigma^1}{1 - K m \sigma^1} \text{tg } \phi$$

$$\text{SF downstream} : \frac{n - K}{1 + K n} \text{tg } \phi$$

dimana :

SF = faktor keamanan diambil 1,2

K = koefisien gempa 0,15

ϕ = Sudut geser dalam batuan ($35^\circ - 45^\circ$)

m = Miring lereng upstream.

n = miring lereng downstream.

$$\sigma^1 = \frac{\sigma_s}{\sigma_s - 1}$$

σ_s = berat jenis batuan ~ 2,25 ton/m³

$$\sigma^1 = \frac{2,25}{2,25 - 1} = 1,8 \text{ ton/m}^3$$

Miring lereng upstream

$$1,2 = \frac{m - 0,15 \cdot 1,8}{1 - 0,15 \cdot m \cdot 1,8} \text{tg } 38^\circ$$

$$m = 3,1$$

Miring lereng downstream

$$1,2 = \frac{n - 0,15}{1 + 0,15 \cdot n} \text{tg } 38^\circ$$

$$n = 2,1$$

Volume bendungan dapat dihitung dengan rumus :

$$V = \int_0^{H_1} f(h) \cdot dh$$

$$V = (2 L_1 D_1 + L_2 D_1 + L_1 D_2 + 2 L_2 D_2) \frac{H_1}{6}$$

Perhitungan urugan bendungan utama :

$$\text{Panjang bendungan } (D_2) = 550 \text{ m}$$

$$\text{Lebar puncak } (L_2) = 10 \text{ m}$$

$$\text{Lebar dasar sungai } (D_1) = 70 \text{ m}$$

$$\text{Miring lereng upstream } (m) = 3,1$$

$$\text{Miring lereng downstream } (n) = 2,1$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } L_1 &= L_2 + (m + n) \times H_1 \\ &= 10 + (3,1 + 2,1) \times H_1 \\ &= 10 + 5,2 H_1 \end{aligned}$$

$$V = \left\{ 2(10 + 5,2 H_1) \cdot 70 + 10 \cdot 70 + (10 + 5,2 H_1) \cdot 550 + 2 \cdot 10 \cdot 550 \right\} \frac{H_1}{6}$$

$$V = \left\{ 18600 + 3588 H_1 \right\} \frac{H_1}{6}$$

Tinggi bendungan 34,6 meter

$$V = \left[18600 + 3588 \cdot (34,6) \right] \frac{34,6}{6} = 823,2 \times 10^3 \text{ m}^3$$

Perhitungan sub dam I.

Panjang sub dam I (D_2) = 400 m.

Tinggi sub dam I (H_1) = + 184,6 - + 170 = 14,6 m.

Lebar tubuh bendungan = $L_2 + (m+n) \cdot H_1$

$$L_1 = 10 + (3,1 + 2,1) \cdot 14,6 = 85,92$$

$D_1 = 250 \text{ m}$.

$$\begin{aligned} V_I &= (2 L_1 D_1 + L_2 D_1 + L_1 D_2 + 2 L_2 D_2) \frac{H_1}{6} \\ &= \left[2 (85,92)(250) + 10(250) + (85,92)(10) + 2 (10)(400) \right] \end{aligned}$$

$$V_I = 54,33 \times 10^3 \text{ m}^3$$

Perhitungan sub dam II

Panjang sub dam II (D_2) = 650 m

Tinggi sub dam II (H_1) = + 184,6 - 160 = 24,6 m

Lebar tubuh bendungan (L_1) = $L_2 + (m + n) H_1$
 $= 10 + (3,1 + 2,1) \cdot 24,6$
 $= 137,92$

$D_1 = 100$ m.

$$V_I = (2 L_1 D_1 + L_2 D_1 + L_2 D_1 + 2 L_2 D_2) \frac{H_1}{6}$$

$$= [2 (137,92)(100) + (10)(100) + (137,92)(650) + 2 (10)(650)]$$

$$V_{II} = 731,23 \times 10^3 \text{ m}^3$$

Total volume urugan bendungan = $V + V_I + V_{II}$
 $= 823,2 \times 10^3 + 54,32 \times 10^3 + 131,23 \times 10^3$
 $= 1008,75 \times 10^3 \text{ m}^3$

VI.5.1. Biaya bendungan urugan dapat dilihat pada gambar A-1

$$CDM = 100 V_D^{0,9}$$

dimana :

CDM = Biaya bendungan urugan, termasuk pekerja-pekerja pembuatannya dalam US \$.

V_D = Volume urugan bendungan (m^3).

$$CDM = 100 (1008,75 \times 10^3)^{0,9}$$

$$= \text{US } \$ 25.316.589.$$

VI.5.2. Neir/Bendung Run of River

$$CWR = 1200 \times VW^{0,95} \quad (\text{Gb. A2.1}) \quad CWR = \text{Weir cost}$$

$$CWR = 1200 \times (954)^{0,95} \quad VW = \text{Concrete volume (m}^3\text{)}$$

$$= \text{US \$ } 812.367. \quad = \left[\frac{1}{2} \pi (5) + 16 \right] 0.35 \times 114,3$$

$$= 954 \text{ m}^3$$

VI.5.3. Intake

Diameter intake diambil sama dengan diameter head race, yaitu $D = 1,8 \text{ m}$.

$$CIP = 38 \times 10^3 \times A^{1,11} \quad (\text{Gb. A3.1})$$

$$A = (H_a + D) Q_p^{1/2} \times N^{1/3}$$

$$= (4,5 + 1,8) 3,89^{1/2} \times 1^{1/3}$$

$$= 12,43$$

$$CIP = 38 \times 10^3 \times (12,43)^{1,11}$$

$$= \text{US \$ } 623.227$$

CIP = Intake cost

$$H_a = \text{Tinggi draw down (m)}$$

$$= + 181 - 176,5 = 4,5 \text{ m}$$

D = Diameter intake

Q_p = Debit pembangkit (m^3/det)

N = jumlah pipa.

VI.5.4. Head race Tunnel.

$$CHT = 710 \times DHT^{1,5} \times LHT \times N \quad (\text{Gb. A4})$$

$$= 710 \times 1,8^{1,5} \times 65 \times 1$$

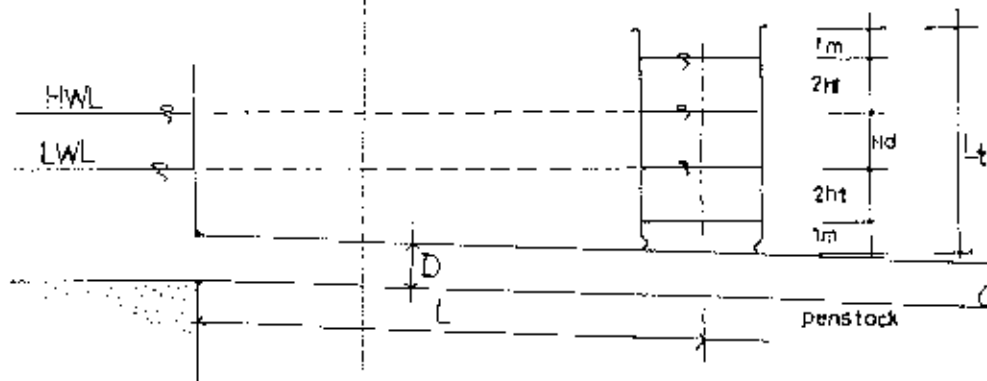
$$= \text{US } \$ 111.450$$

CHT = Head rare cost

DHT = Diameter pipa (1,8 m)

LHT = Panjang pipa

$$= 65 \text{ m}$$

VI.5.5. Surge tank

$$CST = 7,2 \times 10^3 \times [Q_p \times (H_a + LT)^{1/4}]^{0,96} \quad (\text{Gb. A5})$$

$$ht = 0,36 \times Q^{1/3} \times (L + I)^{1/2} + (L + I)^{1/3}$$

$$= 0,36 \times (3,89)^{1/3} \times (65 + 0,0014)^{1/2} + (65 + 0,0014)^{1/3}$$

$$= 8,58$$

$$Lt = Hd + 4 ht + 2$$

$$= 4,5 + 4 \cdot 8,58 + 2 = 40,82$$

$$CST = 7,2 \times 10^3 \times [3,89 \times (4,5 + 40,82)^{1/4}]^{0,96}$$

$$= \text{US } \$ 66.251$$

CST = Surge tank cost

LT = Tinggi surge tank

L = Panjang Headrace

I = Miring Headrace

$$= \frac{1}{700} = 0,0014$$

Q = Debit pembangkit

ht = Tinggi draw down di surge tank

VI.5.6. Penstock

$$\begin{aligned} \text{CPS} &= 800 \times \text{DP}^{1,66} \times \text{LPT} \times \text{N} && (\text{Gb.A6-1}) \\ &= 800 \times 1,4^{1,66} \times 50 \times 1 \\ &= \text{US \$ } 69,925 \end{aligned}$$

CPS = Penstock cost

DP = Diameter penstock (m)

$$= 0,794 \text{ Qp}^{0,404}$$

$$= 0,794 (3,89)^{0,404}$$

$$= 1,37 \text{ m} \quad \text{diambil } 1,4 \text{ m}$$

LPT = Panjang penstock

VI.5.7. Steel Linier (Gb.A6-2)

CSL = USL x WT

$$= 4000 \times 15,39$$

$$= \text{US \$ } 61.560$$

CSL = Steel Linier Cost

UCL = Harga satuan pipa baja US \$ 4000/ton

WT = Berat total pipa baja

$$= \pi D \times t \times L \times \text{BJ}$$

$$= 3,14 \cdot 1,4 \cdot 0,01 \times 50 \times 7$$

$$= 15,39 \text{ ton.}$$

VI.5.8. Powerhouse

$$CHP = CHP_1 + CHP_2 \quad (\text{Gbb.A8})$$

$$\begin{aligned} CHP_1 &= 3,9 \times 10^3 \times \left(\frac{P}{H_{eff}^{1/2}} \right)^{0,71} \\ &= 3,9 \times 10^3 \times \left(\frac{902,12}{27,2^{1/2}} \right)^{0,71} \\ &= \text{US } \$ 151.367 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CHP_2 &= 6,0 \times 10^3 \times \left(Q_p \times H_{eff}^{2/3} \times N^{1/2} \right)^{0,85} \\ &= 6,0 \times 10^3 \times \left(3,89 \times 27,2^{2/3} \times 7^{1/2} \right)^{0,85} \\ &= \text{US } \$ 123.743 \end{aligned}$$

$$CHP = 151.367 + 123.743 = \text{US } \$ 275.110$$

CHP = Powerhouse cost

P = Installed Capacity (kw)

H_{eff} = Tinggi jatuh

Q_p = Debit pembangkit

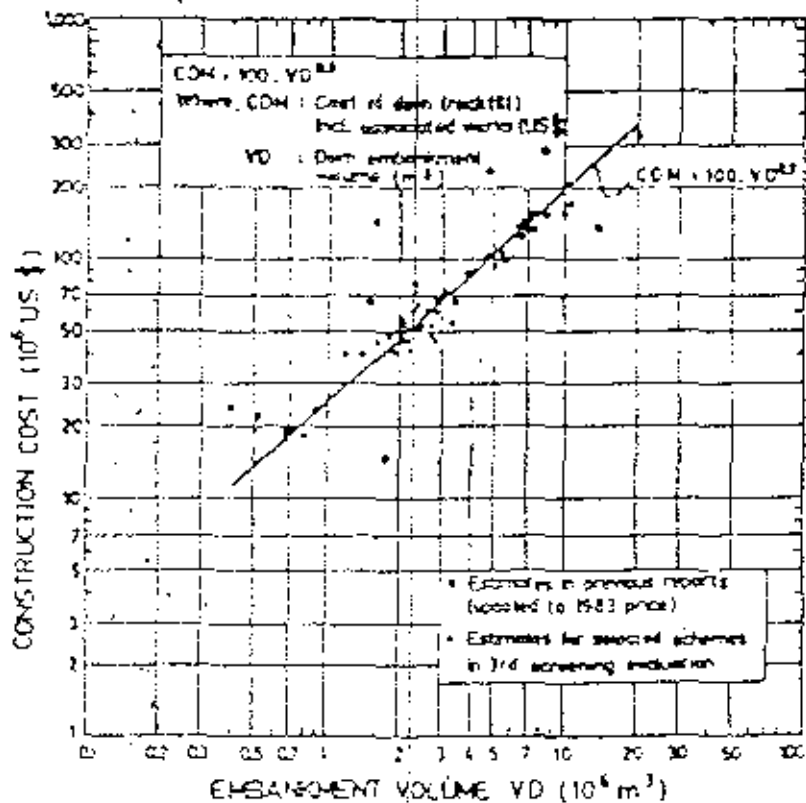
N = Jumlah unit pembangkit

CHP₁ = Cost^P /H gedung

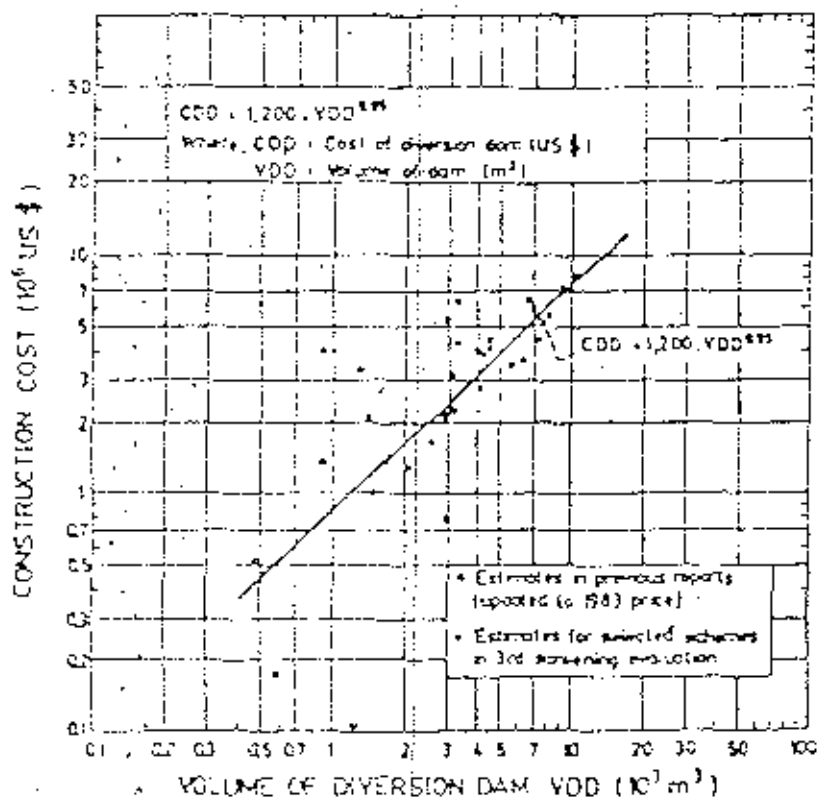
CHP₂ = Cost pondasi

VI.9. Power Equipmet

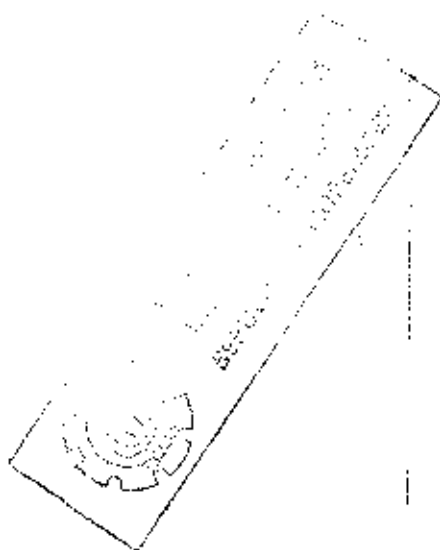
$$\begin{aligned} CPE &= 5,9 \times 10^3 \times \left(\frac{P}{H_{eff}^{1/2}} \right)^{0,9} \\ &= 5,9 \times 10^3 \times \left(\frac{902,12}{27,2^{1/2}} \right) \\ &= \text{US } \$ 609.584 \end{aligned}$$




A1. STORAGE DAM (ROCKFILL)



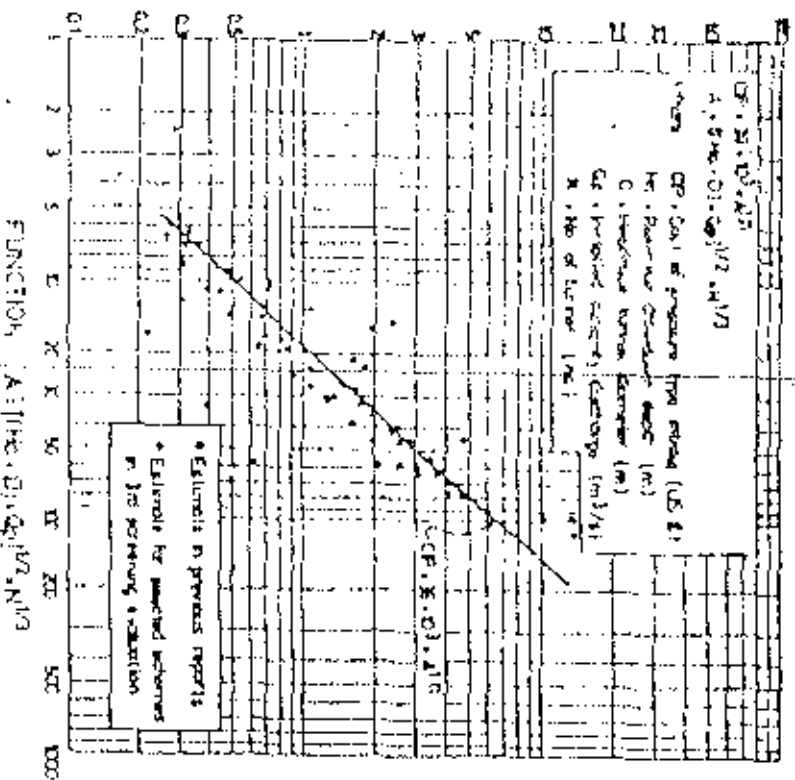
A2. DIVERSION DAM (CONCRETE)



PRELIMINARY COST ESTIMATE - COST FORMULA

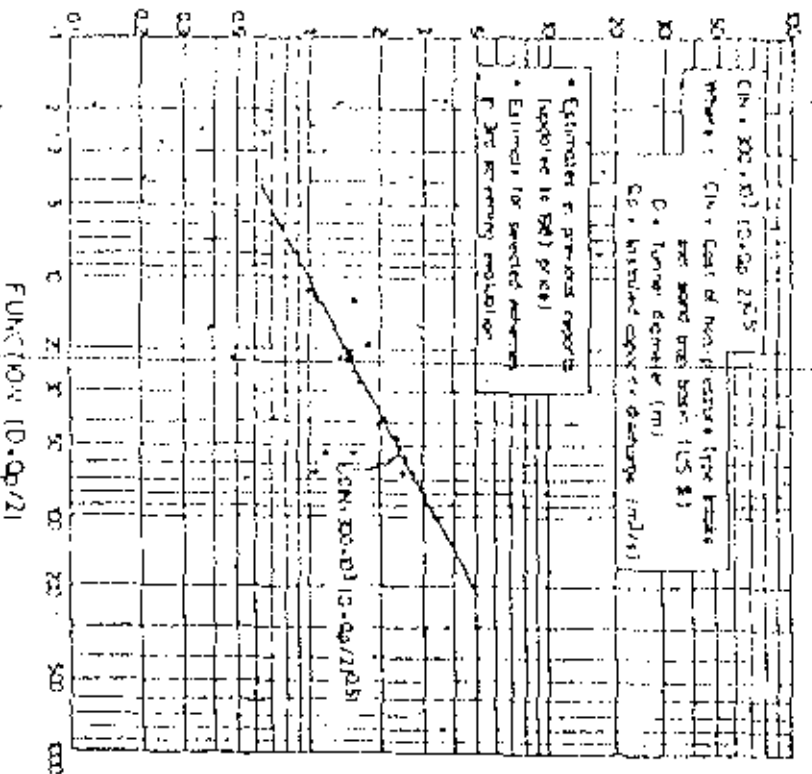
	REPUBLIC OF INDONESIA PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA HYDROPOWER POTENTIALS STUDY	SCALE NON SCALE NIPOM KOKI CO., LTD	DATE MAY 1983 N. MANUPUS PRA	BY KT/SFD P.T. KORA KARTA
---	---	---	---------------------------------	------------------------------

CONSTRUCTION COST (10⁶ US \$)



A3-1 INTAKE PRESSURE TYPE

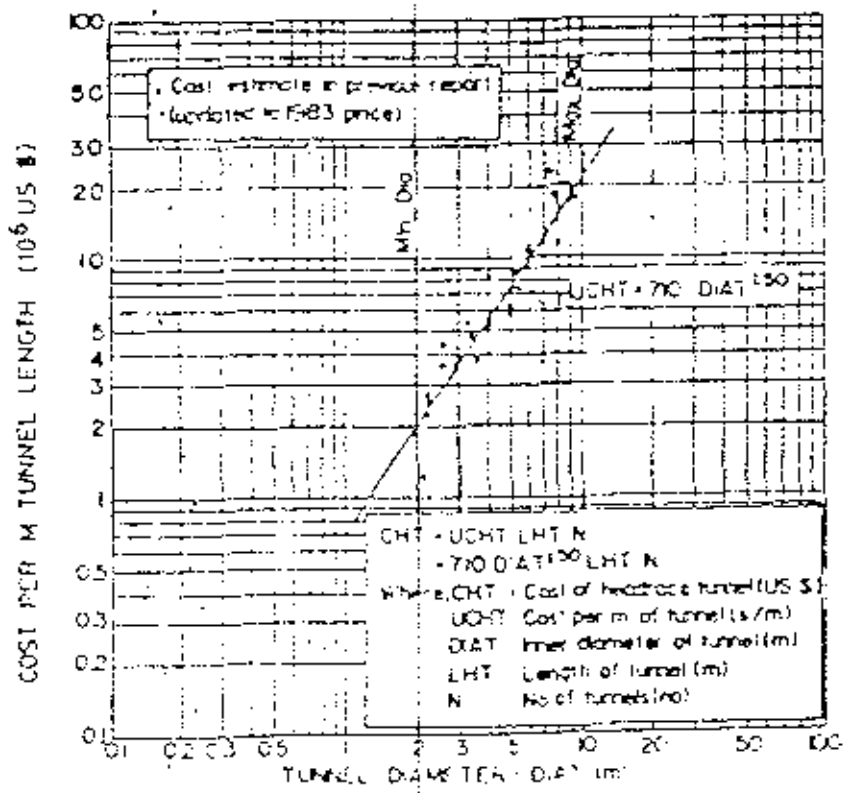
CONSTRUCTION COST (10⁶ US \$)



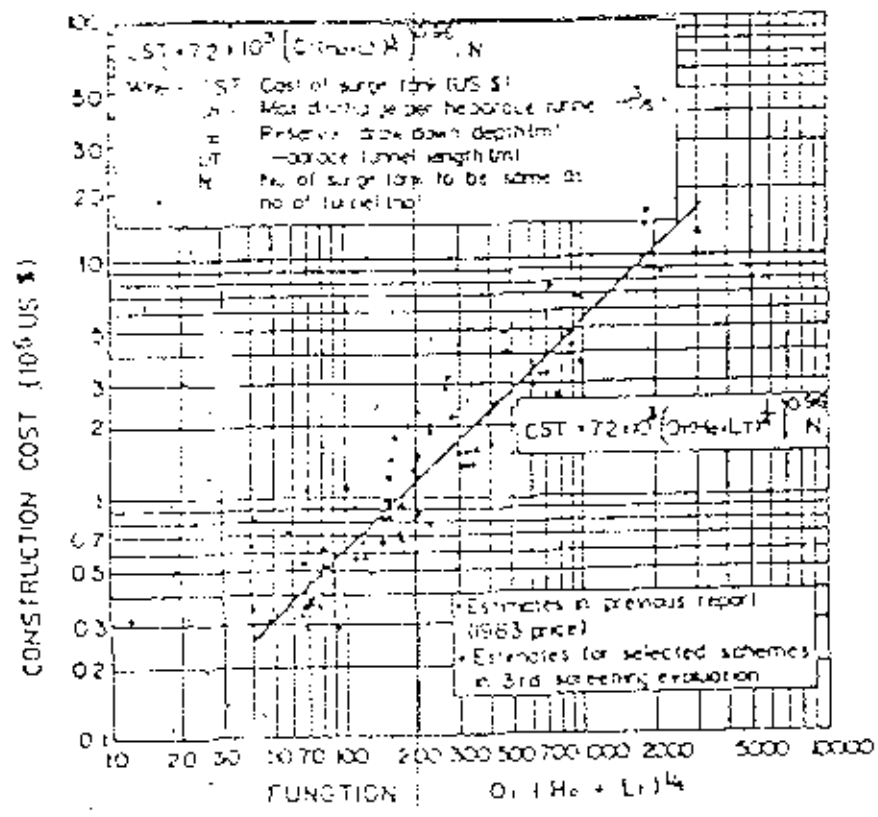
A3-2 INTAKE NON-PRESSURE TYPE
ONE SAND TRAP BASIN

PRELIMINARY COST ESTIMATE-COST FORMULA

	REPUBLIC OF INDONESIA		SCALE: NOM SCALE	DATE: MAY 1983	BY: M. K. / E. D. A. R. H.
	PERUSAHAAN AIR MINYAK NEGARA		HYDROPOWER POTENTIAL STUDY	MPROM K021	PT. MOWA KANTYA

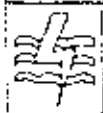


A4 HEA FACE TUNNEL (PRESSURE TUNNEL)



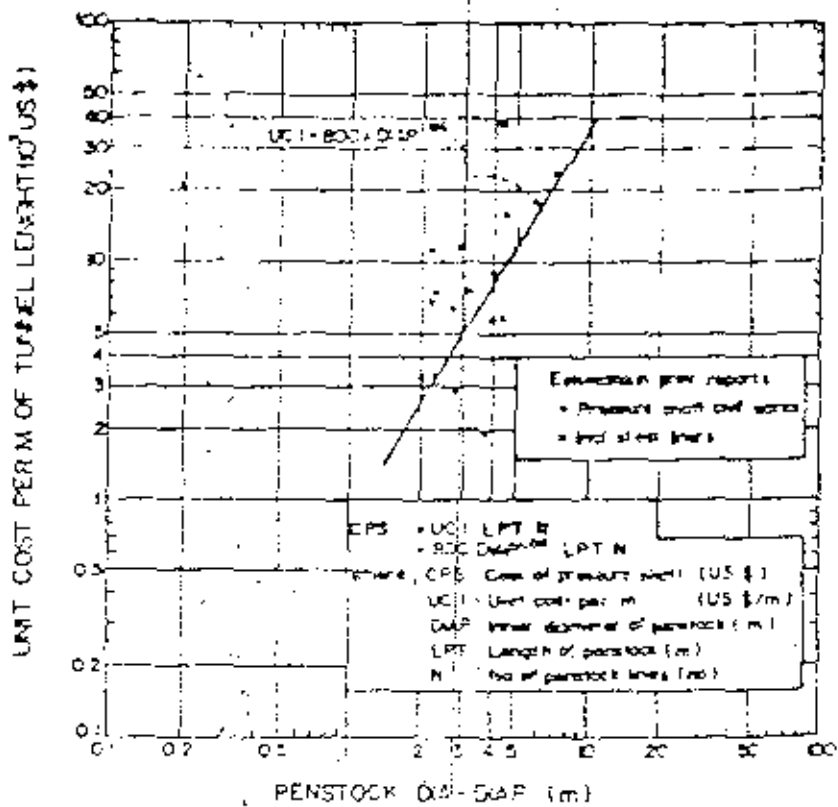
A5 SURGE TANK

PRELIMINARY COST ESTIMATE - COST FORMULA

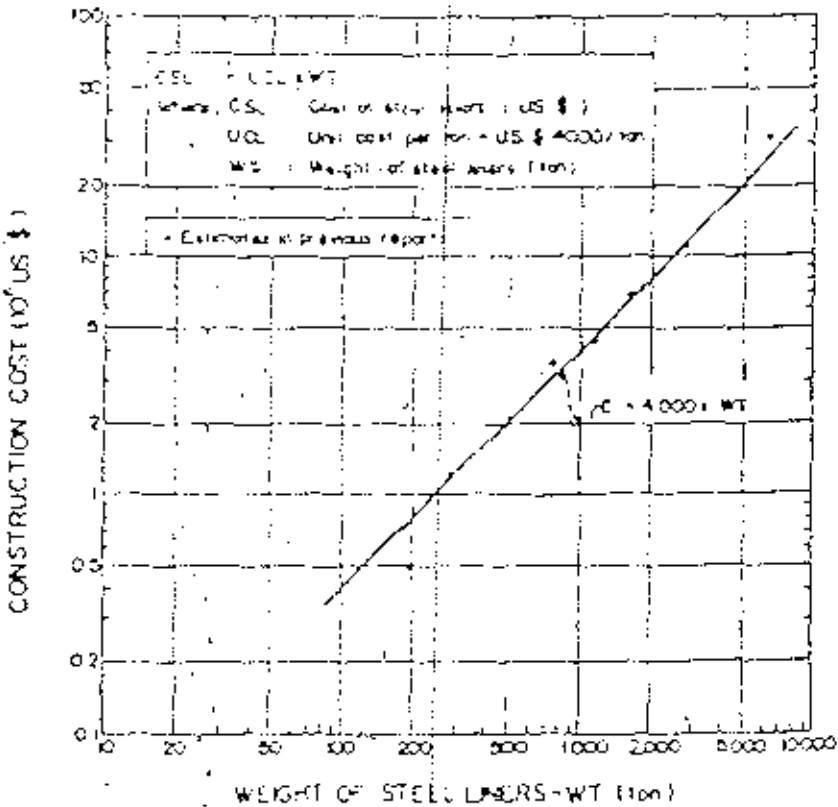


REPUBLIC OF INDONESIA
 PERUSAHAAN UMUM LISTRIK NEGARA
 HYDROPOWER POTENTIALS STUDY

SCALE NON SCALE	DATE MAY 1983	BY HUYEP BCR
NIKKON KOEI CO., LTD		P.T. BOKA KARYA




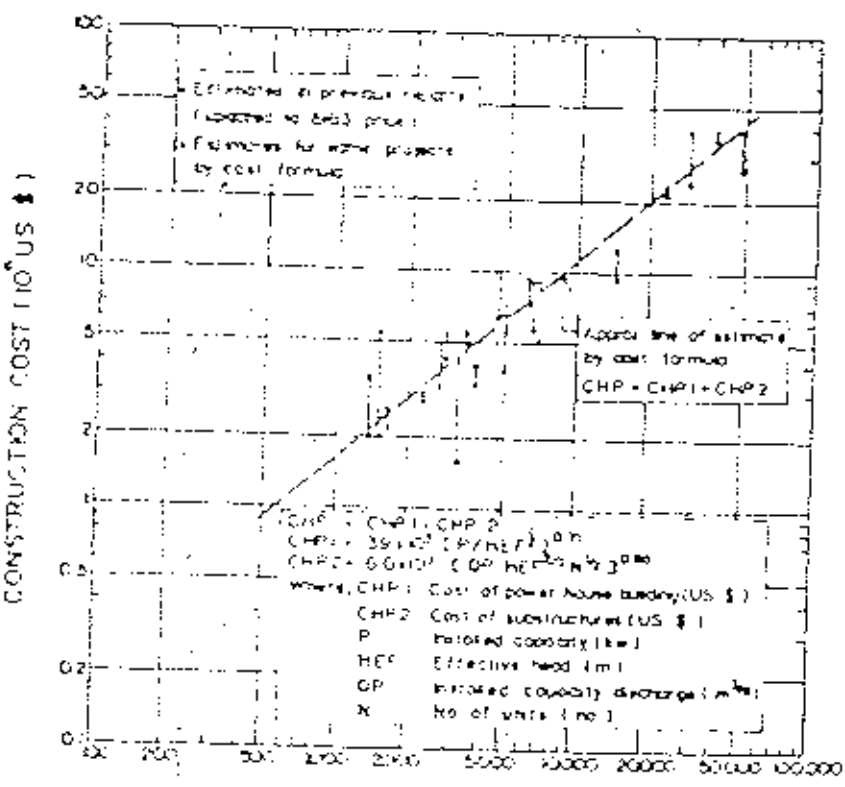
A6-1 PRESSURE SHAFT



A6-2 STEEL LINERS

PRELIMINARY COST ESTIMATE - COST FORMULA

	REPUBLIC OF INDONESIA PERUSAHAAN UMUM LISTRIK NEGARA HYDROPOWER POTENTIALS STUDY	SCALE: NON SCALE KIPPOK KOEL CO., LTD.	DATE: MAY 1983 P. BANGUNAN SIA	BY: MCK/EPD P.T. DIKKA KARYA
---	--	--	-----------------------------------	---------------------------------



A8 POWER HOUSE CIVIL WORKS

PRELIMINARY COST ESTIMATE - COST FORMULA

REPUBLIC OF INDONESIA PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA HYDROPOWER POTENTIALS STUDY	SCALE: NONSCALE	DATE: MAY '83	BY: HK/EFO
	NIPPON KOEI CO., LTD.	P. MANIKMAN SURY P. MANIKMAN SURY	P.T. WORA KARYA

RENCANA PEMBAYARAN TAHUNAN

Macam pekerjaan	Harga us\$ $\times 10^3$	Bobot %	Prosentasi pembayaran tahunan				
			90-91	91-92	92-93	93-94	94-9
Urugan Bendungan	251.316,6	78,86		26,62	26,62	26,62	
Weir / Bendung run of river	812,4	2,56	2,56				
Intake	623,2	1,97				1,97	
Head race tunnel	111,5	0,35				0,35	
Surge tank	66,3	0,21				0,105	0,105
Penstock	69,9	0,22				0,11	0,11
Steel Linier	61,6	0,19				0,095	0,095
Power House	275,1	0,87				0,935	0,435
Power Equipment	609,6	1,92					1,92
Pembebasan Tanah	874,5	2,76	2,76				
Administrasi	2.882,1	8,09	1,18	1,818	1,818	1,818	1,81
Total	31.702	100 %	7,318	8,438	8,438	1,503	4,48
			7 %	28 %	28 %	32 %	5 %

VI.7 Perhitungan (Benefit Cost ratio)

Untuk mengetahui perbandingan antara keuntungan dengan biaya pembangunan dipakai analisa BCR. Keuntungan dan biaya pembangunan diperhitungkan berdasarkan tingkat harga tahun 1990. Sedangkan perkiraan biaya pembangunan ditaksir setelah proyek selesai pada tahun 1995, maka harus diubah menjadi tingkat harga pada tahun 1990, perhitungan menjadi seperti berikut :

Pembayaran tahunan US\$ × 10 ⁶	Faktor nilai uang sekarang $\frac{1}{(1+i)^n}$	P . Y US\$ × 10 ⁶	Keterangan
Tahun 1990-1991 7% × 31,7 = 2,219	0,9259	2,05	bunga (i) = 8%
Tahun 1991-1992 28% × 31,7 = 8,876	0,8573	7,61	
Tahun 1992-1993 28% × 31,7 = 8,876	0,7938	7,05	
Tahun 1993-1994 32% × 31,7 = 10,114	0,7350	7,46	
Tahun 1994-1995 5% × 31,7 = 1,585	0,6806	1,08	
	US \$	25,25 × 10 ⁶	

$$\begin{aligned}
 BCR &= \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Biaya Proyek}} \\
 &= \frac{32,87 \times 10^6}{25,25 \times 10^6} = 1,3 > 1
 \end{aligned}$$

Karena BCR lebih besar dari satu maka proyek layak dilaksanakan.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

VII.1. KESIMPULAN

Setelah diadakan analisa perhitungan di bab-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Tujuan utama dibangun bendungan Pidekso untuk memasok air irigasi. Bendungan tersebut akan dibangun di sungai Bengawan Solo bagian hulu, yang terletak di kecamatan Giriwoyo Kabupaten Wonogiri.
2. Bendungan Pidekso direncanakan dapat mengairi lahan pertanian seluas 2700 Ha, dengan pola tanam sepanjang tahun Padi - Padi - Polowijo. Masa tanam padi I, untuk seluruh areal dimulai awal bulan Nopember sampai awal bulan Desember. Masa tanam Padi II, dimulai pada akhir bulan Maret sampai akhir bulan April, sedangkan Polowijo dimulai pada awal Juli sampai awal bulan Agustus.
3. Daerah irigasi Pidekso sebelum ada waduk kebutuhan airnya dicukupi oleh sungai-sungai kecil dan air hujan, sehingga kebutuhan air sepanjang tahun tidak mencukupi. Dengan adanya bendungan Pidekso diharapkan daerah irigasi Pidekso dapat

dikembangkan menjadi daerah irigasi teknis, seluas 2700 Ha. Adanya irigasi teknis memungkinkan adanya peningkatan produksi pertanian. Dimana produksi padi sebelum ada waduk, menghasilkan rata-rata 3,7 ton/ha, setelah ada waduk berproduksi rata-rata 5,5 ton/ha. Polowijo khususnya kedelai semula berproduksi rata-rata 0,8 ton/ha, setelah ada waduk menghasilkan 1,4 ton/ha.

4. Energi Listrik yang dihasilkan dalam setahun sebesar 7,9 MWh, yang didapat berdasarkan :
Debit pembangkitan 3,89 m³/det.

Daya terpasang 902,12 KW

Tinggi jatuh efektif 27,20 meter.

5. Selain manfaat langsung bendungan Pidekso tersebut di atas, didapat juga manfaat tak langsung antara lain :

- Pengurangan jumlah sediment yang masuk ke waduk serbaguna Wonogiri.

- Pariwisata

- Perikanan darat

- dll.

6. Berdasarkan analisa sediment, jumlah sediment yang tertampung dalam bendungan Pidekso selama 30 tahun sebesar 52.068.432 m³, jumlah sediment



tersebut relatif cukup besar dibanding volume tampungan aktif bendungan sebesar $119,06 \times 10^6 \text{ m}^3$ pada elevasi + 181,0.

Elevasi pengoperasian bendungan sebagai berikut :

Hight Water Level (HWL) + 181,0

Low Water Level (LWL) + 176,5

Tail Water Level (TWL) + 150,0

7. Bendungan Pidekso direncanakan berdasarkan debit banjir rencana dengan periode ulang 100 tahun dikalikan 1,2 sebesar $623,5 \text{ m}^3/\text{det}$.

Debit banjir ini didapat dari analisa Hidrologi data curah hujan harian.

Data curah hujan harian dikumpulkan dari stasiun Pracinantoro, Puter, Giriwoyo dan Ngancar. Perhitungan curah hujan rencana dengan metode Gumbel, sedangkan hidrograph banjir ditentukan dengan hidrograph satuan metode Nakayatsu.

5. Dari perhitungan analisa Ekonomi, biaya konstruksi pada tingkat harga tahun 1990 diperkirakan US \$ $25,3 \times 10^6$ dengan masa pelaksanaan 5 tahun. Keuntungan bersih diperkirakan US \$ $32,87 \times 10^6$. Didapat BCR = $1,3 > 1$, berarti bendungan Pidekso mendatangkan

keuntungan.

VII.2. SARAN.

1. Hendaknya diadakan studi mengenai pengendalian sediment serta cara penanganannya, mengingat jumlah angkutan sediment di daerah Waduk Pidekso ini sangat besar. Misalnya dengan menanam pepohonan di daerah hutan yang telah gundul. Mengadakan terasiring di persawahan dataran tinggi. Ini semua dimaksudkan untuk mengurangi erosi permukaan, sekaligus menurunkan jumlah sediment. Penurunan jumlah angkutan sediment bukan hanya memperpanjang umur waduk Pidekso tetapi juga memperpanjang umur waduk serbaguna Wonogiri.
2. Pembangunan bendungan Pidekso hendaknya diprioritaskan dari waduk-waduk yang berada di hulu waduk serbaguna Wonogiri yaitu Waduk : Tiron, Bakon, Puter, Nekuk dan waduk Bendungan. Karena ditinjau dari luas daerah pengalirannya dan peningkatan pendapatan, maka waduk Pidekso adalah terbesar.

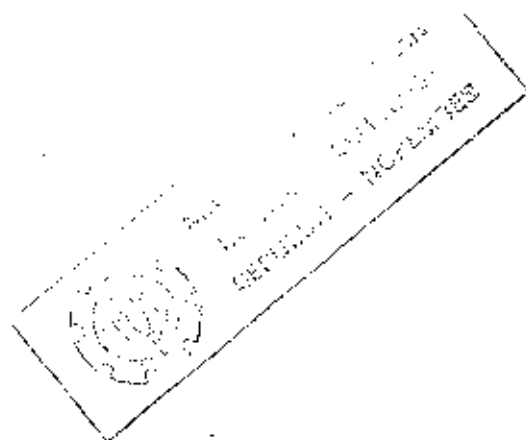
DAFTAR PUSTAKA

1. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Sungai
"Cara Menghitung Design Flood", Jakarta, Juli
1980.
2. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral
Pengairan
"Standart Perencanaan Irigasi, Kriteria
Perencanaan Bagian Saringan Irigasi" CV Galang
Persada, 1986.
3. Patty, O.F., Ir., "Tenaga Air" Perstensilan
Fakultas Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra.
4. Sholeh, Mochammad, Ir., "Diktat Irigasi II TS 1542"
FTSP - ITS, Surabaya 1985.
5. K. Subramanya "Engineering Hidrology", Indian
Institute of Technology Kanpur, Tata Mc. Graw-Hill
Publishing Company Limited New Delhi.
6. Subarkah, Iman, Ir., "Hidrologi Untuk Perencanaan
Bangunan Air", Idea Dharma, Bandung, 1980.
7. USBR, "Design of Small Dam", Oxford & IBH Publishing
Co., New Delhi, 1974
8. Sholeh Muhammad, Ir. "Diktat Irigasi I TS 1421"
PTSP - ITS, Surabaya, 1985.
9. Sosrodarsono, Suyono, Ir., dan Kensaku Takeda,
"Hidrologi untuk pengairan" PT Pradma Paramita,
Jakarta, 1977.
10. Anwar, Nadjadji, Ir., Msc., "Rekayasa Pengembangan

Sumber Daya Air", Kartika Judo, Surabaya, 1986.

11. Sosrodarsono, Suyono, Ir., dan Kensaku Takeda, "Bendung Tipe Urugan" PT Pradma Paramita, Jakarta, 1981.
12. Soejadi, Bambang, Ir., DIPL HE, "Sediment Transport" FTSP - ITS.
13. NIPPON KOEI CO dan PT INDRAKARYA, "CONTINUATION OF HYDRO POWER POTENTIALS STUDY.

LAMPIRAN





BOREHOLE NO. B. 1
 BORING DEPTH (M) 29.00 M
 ELEVATION
 TYPE OF MACHINE

TECHNICIAN

DEPTH (M)	SOIL		CORE RECOVERY (%)	P.R.O.D (%)	THINWALLED SAMPLING (M)	WATER LEVEL (M)	STANDARD PENETRATION TEST NUMBER OF BLOWS		PERMEABILITY TEST (cm)					
	SYMBOL	DESCRIPTION					UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH					MOISTURE CONTENT		
							10	20	30	40	50	20	40	60
0.00		Tufa, coklat kehitam-hitaman (20%), fragmen tufa Ø 2-4 mm, masa dasar lempung, lapuk					10	20	30	40	50	60	80	100
1.00														
2.00		Tufa pasir, abu-abu kecoklatan, lanau (25%), fragmen tufa Ø 2-3 mm, masa dasar lempung, lapuk												
3.00														
4.00		Tufa pasir, abu-abu kecoklatan, lanau (15%), fragmen tufa Ø 0,2-1,7 mm, masa dasar lempung, setengah lapuk												
5.00														
6.00		Pelapukan andesit, coklat kehitam-hitaman, ukuran butir Ø 0,6 - 1,6 mm, terdapat mineral felspar, lapuk												
7.00														
8.00														
9.00			100											
10.00														
11.00		Andesit, berupa berangkal Ø 3 - 7 cm, abu-abu kecoklatan, lanau 15%, terdapat mineral felspar, mineral mafik, setengah lapuk												
12.00														
13.00														
14.00														
15.00														
16.00		Andesit, berupa berangkal Ø 3 - 7 cm, coklat kehitam-hitaman												
17.00														
18.00		Andesit, abu-abu, mineral felspar, mineral mafik, kalsit (6%), retak-retak dan kompak	80											
19.00			60											
20.00				68										
21.00				97										
22.00		Andesit, abu-abu, terdiri dari mineral felspar 40%, mineral mafik, kalsit 10%, terdapat "fracture" yang diisi oleh kalsit, kompak		68										
23.00				68										
24.00				51										
25.00			99	97										
26.00				68										
27.00				68										
28.00				51										
29.00				99										

G5.II-8a
 Bor-Log No B1



BOREHOLE NO. _____
 BORING DEPTH (M) _____
 ELEVATION _____
 TYPE OF MACHINE _____

SOIL AND MATERIALS
 ENGINEER _____
 TECHNICIAN _____

4 WELLS
 55 SINGLE TUBE CURVE
 60 DOUBLE TUBE CURVE

P.T. AIRSTAN

DEPTH (M)	SYMBOL	SOIL DESCRIPTION	CORE RECOVERY (%)	R.O.D (%)	THREAILED SAMPLING (M)	WATER LEVEL (M)	STANDARD PENETRATION TEST NUMBER OF BLOWS						PERMEABILIT TEST (K)					
							UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH						MOISTURE CONTENT, LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT					
							10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60
0.00		Lempung lempur, coklat kehitaman, pasir halus-sedang (10%), kwarza (5%) & 2-3,5mm lunak	80															
1.00			95															
2.00		Tufa lempungan, coklat, fragmen tufa dan kwarza (40%) & 1-4mm, lapuk	90															
3.00			95															
4.00		Lempung lempur, fragmen tufa (4%) & 1-2 mm, coklat kelabu, lapuk	100															
5.00			100															
6.00		Tufa lempungan, abu-abu kehitaman, fragmen tufa, masa dasar lempung, lapuk	100															
6.45			95															
7.00		Tufa pasir, abu-abu, fragmen tufa-kwarza, & 0,6 - 1,2 mm, masa dasar lempung, rapuh	95															
8.00			100															
9.00			100															
9.50			95															
10.00		Tufa pasir, abu-abu kehitaman, fragmen kwarza-tufa & 0,5-1,2mm, masa dasar lempung (12%), rapuh	80															
11.00			90															
12.00			70															
12.25		Tufa pasir, kuning-abu-abu kehitaman, hirus (7%), fragmen kwarza (7%) & 1-4mm, fragmen tufa, masa dasar lempung (12%), rapuh	90															
13.00			70															
13.50		Tufa pasir, abu-abu, fragmen kwarza-tufa & 0,5-1,5mm, masa dasar lempung, rapuh	100															
14.10			92															
15.00		Tufa lempungan, abu-abu, berukuran lempung-lenu, lapuk	85															
15.50			80															
16.00		Tufa, abu-abu, fragmen ukuran lenu, fragmen kwarza (5%) & 0,5-1mm, masa dasar lempung, (10%), rapuh	70															
17.00			90															
17.10			100															
18.00		Tufa pasir, abu-abu, fragmen kwarza (10%), dan fragmen tufa & 0,6-3,0mm, masa dasar lempung, porositas sedang, sorting sedang, padat	85															
19.00			80															
20.00		Tufa pasir, abu-abu, fragmen kwarza (40%), & 1-6mm, subbulat tangguh, fragmen tufa (5%), masa dasar lempung, porositas baik, sorting buruk, kemas tertutup, kompak	70															
21.00		Tufa pasir, abu-abu kehitaman, fragmen kwarza (20%) & 1-3,5mm, fragmen tufa (8%) & 1mm, masa dasar lempung, kompak	90															
22.00		Tufa pasir, abu-abu kehitaman, hirus (7%), fragmen kwarza dan tufa & 0,5-1,2mm, masa dasar lempung, padat	100															
23.55			100															
24.42		Tufa pasir, abu-abu kehitaman, hirus (7%), kwarza (20%) & 1-3,5mm, fragmen tufa (10%) lempung (10%), padat																
25.00		Tufa pasir, abu-abu, fragmen kwarza (12%) & 0,5mm, fragmen tufa (12%) & 0,5mm, masa dasar lempung, padat																

G5. II-8e
 Bor-Log No. B-5



PT. AIRSTAN

BOREH NO. M. 8
 BORING DEPTH (M) 25.00
 ELEVATION 164.03
 TYPE OF MACHINE YSD - 2

ENGINEER _____
 TECHNICIAN Kamal
 W. WESPIN
 LC. SURVEY TIME: EDWIN
 CC. DUVELT TIME: EDWIN

DEPTH (M)	SOIL		CORE RECOVERY (%)	R.O.D (%)	THINWALLED SAMPLES (M)	WATER LEVEL (M)	STANDARD PENETRATION TEST NUMBER OF BLOWS		PERMEABILITY TEST (V)									
	TAKSAS	DESCRIPTION					UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH					MOISTURE CONTENT LIQUID LIMIT PLASTIC LIMIT						
							04	08	12	16	20	20	40	60	80	100	120	
0.00		Lempung lempung, coklat kelabu, fragmen butir lempung-lempung, anak lepat, lepat																
1.00																		
2.00		Tufa lempungan, coklat kelabu, fragmen tufa & lempung, pada dasar lempung, porositas baik, hanting buruk, lepat	95															
3.00																		
4.00			93															
5.00		Tufa pasir, abu-abu coklat, fragmen tufa-kwarsa, felspar, pada dasar lempung, porositas sedang, hanting sedang, setengah lepat	95															
6.00			96	70														
7.00			90	58														
8.00			70	34														
9.00		Welded tuff, abu-abu kecoklatan, fragmen kwarsa, mineral felspar, agak lepat	75	21														
10.00			90	63														
11.00			85	51														
12.00			90	56														
13.00			95	77														
14.00			90	70														
15.00			90	58														
16.00			85	37														
17.00			85	37														
18.00		Welded tuff, kelabu, fragmen kwarsa, mineral felspar, kompak	75	23														
19.00			90	61														
20.00			83	43														
21.00			85	37														
22.00			90	61														
23.00			90	61														
24.00			60	38														
25.00																		

Gb. II 8 f
 Bor-Log No. B-6

Table Meteorological Data

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annual
1) <u>Air Temperature (Ngauncar)</u>													
- Mean (°C)	26.2	26.4	26.4	26.4	26.5	25.6	25.2	25.5	25.9	26.6	26.3	26.4	26.1
- Max. (°C)/1	29.9	30.6	30.4	30.1	30.3	29.7	30.5	30.9	30.2	31.0	30.1	30.1	30.3
- Min. (°C)/2	22.1	22.3	23.3	23.8	22.8	21.4	21.2	21.0	22.6	22.3	22.8	23.9	24.4
2) <u>Relative Humidity (Ngauncar)</u>													
- Mean (%) /3	88	86	86	84	85	84	89	81	89	82	83	83	85
3) <u>Evaporation (Ngauncar)</u>													
- Mean (mm/day) /4	5.5	4.4	4.5	5.1	5.2	5.2	5.9	7.2	7.7	6.8	6.1	4.8	5.7
4) <u>Wind Velocity ()</u>													
- Mean (km/day) /5	32.9	20.2	27.3	44.9	33.1	93.4	124.6	146.4	146.1	62.5	70.1	27.1	69.1
5) <u>Sunshine Energy</u>													
- Mean (%) /6	35	38	38	52	58	53	64	64	57	48	47	20	48

- /1 : Maximum mean daily temperature
- /2 : Minimum mean daily temperature
- /3 : Mean daily relative humidity
- /4 : Mean daily pan evaporation (Class A pan)
- /5 : Merentory velocity at Baturetno
- /6 : Mean day sunshine energy



Table

Meteorologic Data (Wind Velocity)

(Unit : Km/day)

Gauging station Year J F M A M J J A S O N D Ann

1974 M - - 12.8 29.7 28.4 73.3 110.9 123.1 140.8 111.1 75.2 33.1 73.8

X - - 43.6 106.2 134.2 129.7 274.5 265.0 260.2 234.0 201.8 82.4 273.1

I - - 1.8 1.7 2.2 12.3 14.5 14.5 10.1 35.6 11.7 5.2 -

1975 M 23.2 15.9 25.9 36.2 40.5 81.4 118.9 168.5 161.4 72.5 65.0 21.0 70.0

X 65.7 47.8 73.0 117.5 317.8 152.1 207.6 292.0 301.0 168.5 144.9 46.0 161.2

I 6.5 8.0 8.1 7.0 0.0 38.6 25.7 91.6 25.7 7.6 11.9 7.8 -

1976 M 42.6 24.4 43.2 68.8 10.4 125.6 145.0 147.7 146.1 3.8 - 75.8

X 102.6 59.4 111.6 126.8 179.7 451.3 252.4 238.4 304.6 21.9 - 189.9

I 12.3 9.8 12.0 8.2 38.4 25.2 44 58.9 3.5 0.0 - 21.3

M

X

I

M

X

I

M

X

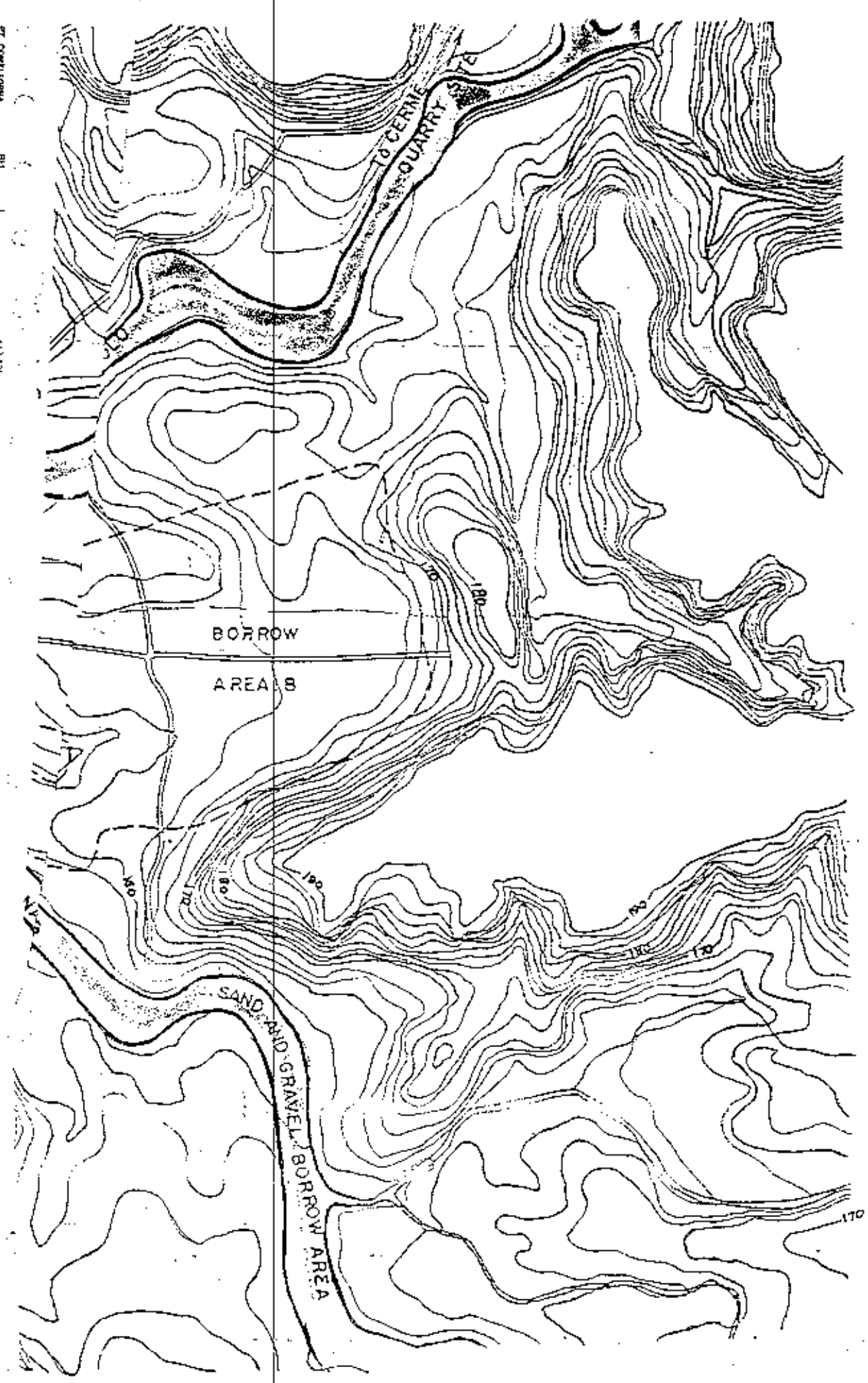
I

21.9 20.2 27.3 44.9 35.1 93.7 127.6 176.4 176.1 82.5 70.1 37.1
 51.2 53.6 31 116.8 216 277.4 277.4 281.1 281.1 171.3 173.4 81.7

(mm)

to be continued

FT. CONTESSA 141 142 143



BORROW
AREAS

SAND AND GRAVEL BORROW AREA

TO CERNE
QUARRY

170

GEOLOGICAL MAP OF BENGALIAN SOLO BASIN

(simplified)

