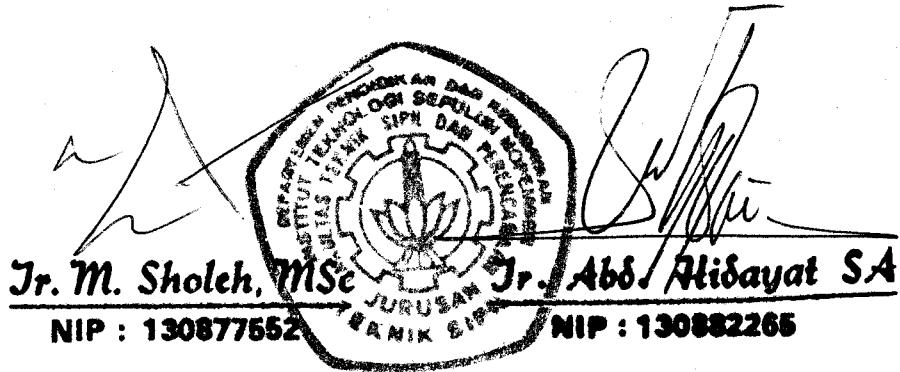


# **TUGAS AKHIR**

**KETERSEDIAAN AIR DAS NGROWO PADA MUSIM  
KEMARAU UNTUK PEMANFAATAN PLTA TULUNGAGUNG  
DALAM HUBUNGANNYA DENGAN EFISIENSI TURBIN  
DAN BEBAN PUNCAK**

**Mengetahui / Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA**

**1996**

## **ABSTRAK TUGAS AKHIR**

**JUDUL : KETERSEDIAAN AIR DAS NGROWO PADA MUSIM KEMARAU UNTUK PEMANFAATAN PLTA TULUNGAGUNG DALAM HUBUNGANNYA DENGAN EFISIENSI TURBIN DAN BEBAN PUNCAK**

Oleh :

Nama : Evy Harmani

Nrp : 3923101170

Dosen Pembimbing :

Ir. M. Sholeh , Msc.

Ir. Abd. Hidayat SA

PLTA Tulungagung dibangun untuk memberikan tambahan energi selama musim hujan. Sedangkan pada musim kemarau PLTA tersebut dihentikan pengoperasiannya karena debit pembangkit yang tersedia dianggap terbatas. Air yang dipakai untuk mengoperasikan PLTA Tulungagung berasal dari DAS Ngrowo yang masuk ke Parit Agung. Dengan adanya kondisi tersebut timbulah permasalahan berapa besar debit pembangkit yang tersedia untuk mengoperasikan PLTA tersebut selama musim kemarau dan berapa besar tenaga yang mampu dihasilkan.

Oleh karena hal tersebut di atas maka diadakan studi ini untuk mengetahui besarnya debit yang tersedia pada DAS Kali Ngrowo selama musim kemarau. Sehingga dapat diketahui apakah dengan debit tersebut masih dapat dimanfaatkan untuk pembangkitan berkenaan dengan besarnya efisiensi turbin dan kontribusi tenaga listrik terhadap kebutuhan saat beban puncak. Untuk itu diadakan perhitungan debit yang didasarkan atas analisa debit Parit Agung pada bulan kemarau. Diharapkan dengan adanya studi ini dapat meningkatkan manfaat PLTA Tulungagung pada bulan kemarau.

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar	i
Abstraksi	iii
Daftar Isi	iv
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Maksud dan Tujuan	3
1.4 Batasan dan Ruang Lingkup	3
<b>BAB II TINJAUAN UMUM DAS NGROWO dan PLTA TULUNGAGUNG</b>	4
2.1 DAS Ngrowo	4
2.2 PLTA Tulungagung	5
2.2.1 Pola Operasi Pembangkitan	5
<b>BAB III TEORI PERHITUNGAN</b>	11
3.1 Umum	11
3.2 Perhitungan Curah Hujan rata-rata Wilayah	11
3.3 Perhitungan Debit Saluran Parit Agung	12
3.3.1 Mengubah Satuan Debit	12
3.3.2 Menyusun Data Debit	13
3.4 Perhitungan Potensi dan Energi Tenaga Air	15
3.5 Perhitungan Effisiensi Turbin	16

<b>BAB IV METODOLOGI PERHITUNGAN</b>	18
4.1 Umum	18
4.2 Perhitungan Curah Hujan rata-rata Wilayah	18
4.3 Perhitungan Debit Parit Agung	19
4.4 Analisa PLTA Tulungagung	20
<b>BAB V DATA</b>	22
5.1 Umum	22
5.2 Data Topografi	23
5.3 Data Hidrologi	23
5.4 Data PLTA Tulungagung	37
<b>BAB VI PERHITUNGAN dan ANALISA</b>	38
6.1 Umum	38
6.2 Perhitungan Curah Hujan Bulanan	38
6.3 Perhitungan Debit Saluran Parit Agung	51
6.3.1 Mengubah Satuan Debit Saluran	51
6.3.2 Perkiraan Debit Bulanan dengan Analisa Regresi	52
6.4 Perhitungan Debit & Volume Andalan	57
6.5 Analisa Tampungan Saluran Parit Agung	73
6.6 Debit Dasar untuk Pembangkitan (Firm Discharge)	84
6.7 Perhitungan Effisiensi Turbin	91
6.8 Perhitungan Energi Listrik Tenaga Air	93
6.9 Analisa PLTA	105

**DAFTAR PUSTAKA**

## **BAB II**

### **TINJAUAN UMUM**

### **DAS NGROWO dan PLTA TULUNGAGUNG**

#### **2.1 DAS NGROWO**

DAS Ngrowo meliputi areal seluas  $\pm 1.300 \text{ km}^2$ , dengan kondisi daerah yang berbukit-bukit. Curah hujan tahunan rata-rata daerah ini adalah sebesar 1.915,00 mm.

Sejak tahun 1986 semua aliran pada basin Ngrowo dikumpulkan dan dialirkan melalui Parit Agung Canal untuk dibuang melalui terowongan Tulungagung Selatan. Dengan kondisi yang terjadi itu, maka Proyek Brantas mengadakan penelitian dan perhitungan-perhitungan dengan suatu hasil bahwa aliran yang semestinya dibuang melalui terowongan dengan perbedaan tinggi  $\pm 80 \text{ m}$  ternyata dapat menghasilkan tenaga apabila dipakai untuk memutar turbin. Tenaga yang dihasilkan sebesar 18 MW, dengan debit pembangkit maksimum sebesar  $62 \text{ m}^3/\text{dt}$ .

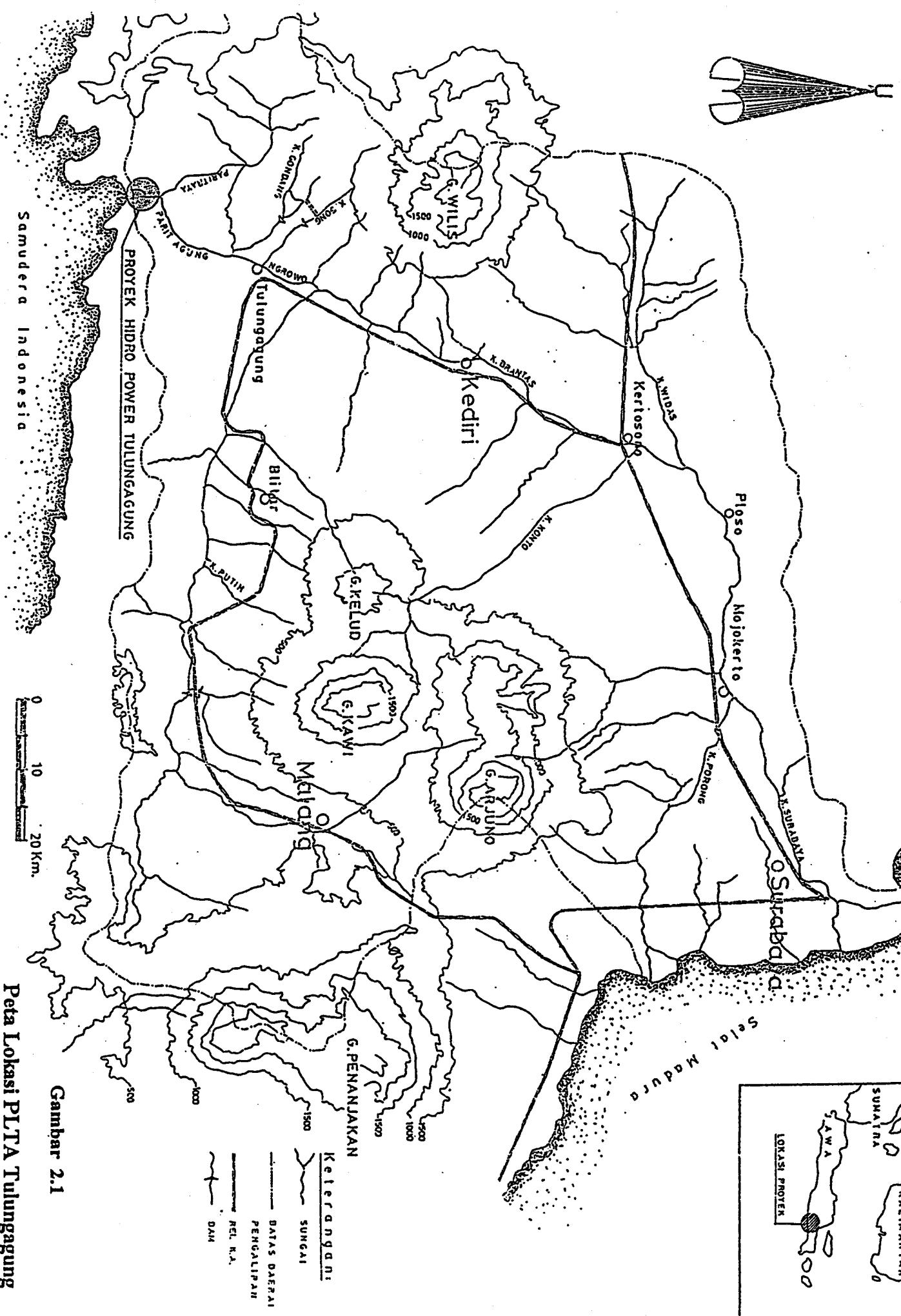
## **2.2 PLTA TULUNGAGUNG**

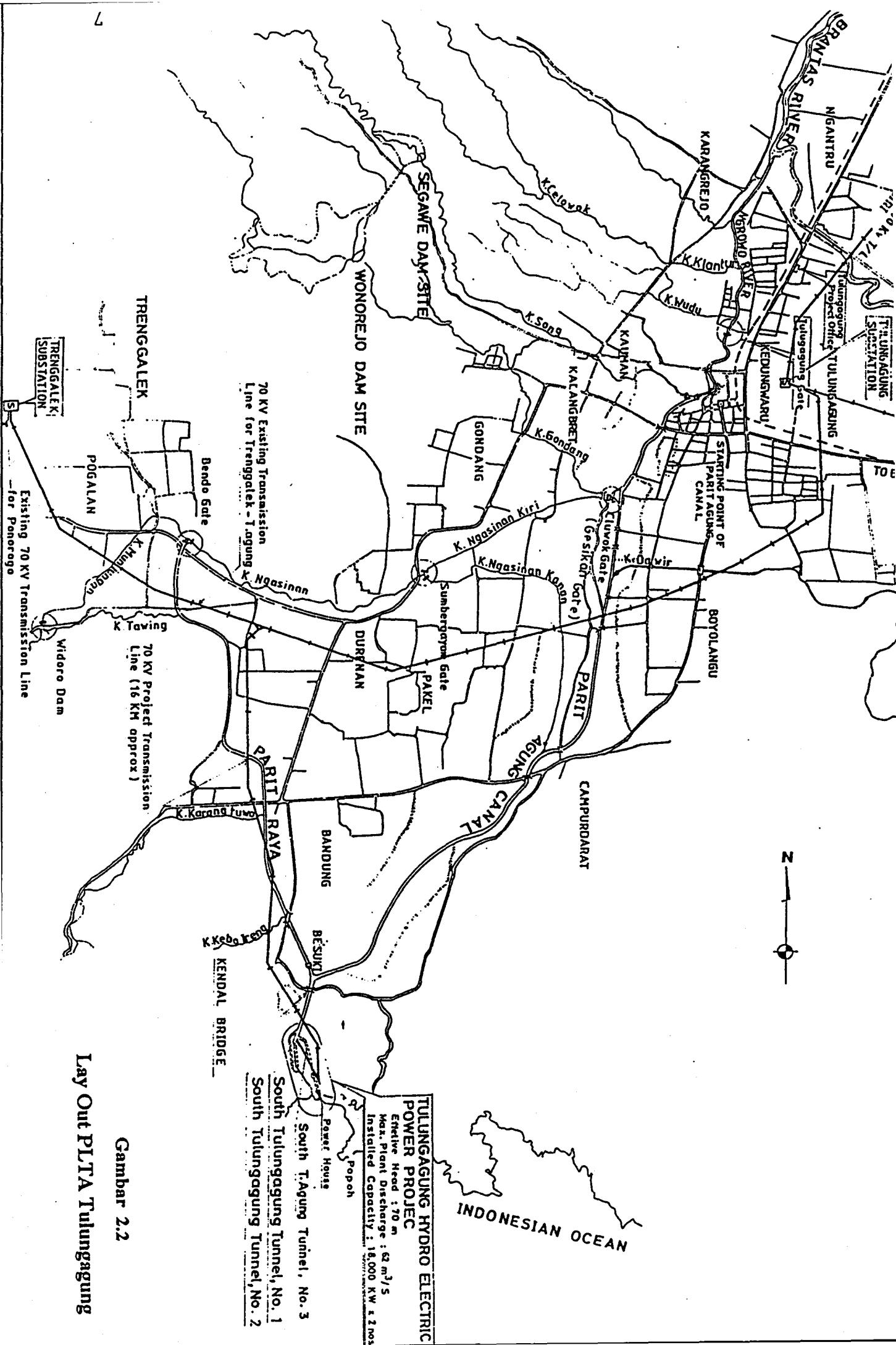
PLTA Tulungagung terletak di Tulungagung Jawa Timur, tepatnya yaitu pada suatu daerah di antara akhir daerah aliran sungai Ngrowo dan Pantai Popoh. Proyek tersebut berjarak ± 30 km dari kota Tulungagung ke arah selatan. Untuk jelasnya dapat dilihat *pada gambar 2.1 Peta Lokasi PLTA Tulungagung* dan *gambar 2.2 Lay Out PLTA Tulungagung*.

*PLTA Tulungagung* dioperasikan sebagai PLTA run-off river (ror) sehingga besarnya daya yang dibangkitkan didasarkan atas besarnya debit yang tersedia, dengan dibatasi oleh debit turbin minimum dan debit turbin maksimum. Debit minimum yang dapat dipakai untuk mengoperasikan turbin adalah  $12,4 \text{ m}^3/\text{dt}$  dan debit maksimum adalah  $62,0 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Turbin yang dipergunakan adalah Turbin Hidraulik tipe Francis dengan kapasitas 18 MW sebanyak 2 (dua) buah.

### **2.2.1 Pola Operasi Pembangkitan**

Pola Operasi Pembangkitan PLTA Tulungagung, didasarkan atas klasifikasi besarnya debit yang tersedia (Qav). Yang dimaksud dengan debit tersedia untuk PLTA adalah debit inflow rerata untuk satu periode operasi (satu hari).





Pola Operasi Pembangkitan tersebut berupa “tipe operasi” yang diuraikan sebaai berikut :

- a. Operasi pembangkitan “tipe A” ( $Q_{av} = 2,80$  s/d  $4,70 \text{ m}^3/\text{dt}$ ).

Operasi ini dilakukan untuk klas kisaran debit yang paling rendah, yaitu pada  $Q_{av}$  antara  $2,80$  s/d  $4,70 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Pada  $Q_{av} = 2,80 \text{ m}^3/\text{dt}$ , debit hanya mencukupi untuk operasi 1(satu) unit turbin, dengan sistem peak.

- b. Operasi Pembangkitan “tipe B” ( $Q_{av} = 4,70$  s/d  $21,00 \text{ m}^3/\text{dt}$ )

Pada operasi tipe B, tetap dioperasikan 1 (satu) unit turbin dengan sistim peak.

- c. Operasi Pembangkitan “tipe C” ( $Q_{av} = 21,00$  s/d  $28,00 \text{ m}^3/\text{dt}$ )

Pada operasi tipe C ini, dioperasikan 1 (satu) unit turbin dengan sistim base (24 jam operasi).

- d. Operasi Pembangkitan “tipe D” ( $Q_{av} = 28,00$  s/d  $32,70 \text{ m}^3/\text{dt}$ )

Pada operasi tipe D, dioperasikan 2 (dua) unit turbin, dimana untuk turbin pertama dioperasikan dengan sistim operasi base dan turbin kedua dengan sistim operasi peak.

e. Operasi Pembangkitan “tipe E” ( $Q_{av} = 32,70$  s/d  $49,00 \text{ m}^3/\text{dt}$ )

Pada operasi tipe E ini, tetap dioperasikan satu turbin dengan sistem operasi base dan satu turbin dengan sistem operasi peak sebagaimana operasi tipe D.

f. Operasi Pembangkitan “tipe F” ( $Q_{av} = 49,00$  s/d  $56,00 \text{ m}^3/\text{dt}$ )

Pada operasi tipe F ini, dioperasikan 2 unit turbin dengan sistem operasi base.

g. Operasi Pembangkitan “tipe G” ( $Q_{av} > 56,00 \text{ m}^3/\text{dt}$ ).

Operasi tipe G ini dilaksanakan bila  $Q_{av}$  telah melampaui debit pembangkitan maksimal ( $56 \text{ m}^3/\text{dt}$ ). Pada tipe ini, dua unit turbin dioperasikan dengan sistem operasi base pada beban turbin maksimum (@ 18 MW).

PLTA tidak dioperasikan apabila salah satu atau lebih dari kondisi dibawah ini terjadi :

a) Debit tersedia untuk pembangkitan ( $Q_{av}$ ) kurang dari  $2,80 \text{ m}^3/\text{dt}$ .

b) Terjadi banjir yang cukup besar (di atas  $500 \text{ m}^3/\text{dt}$ ) sehingga pintu terowongan drainase -1 terpaksa harus

**dibuka secara undersluice untuk membantu mengelakkan banjir.**

- c) Selama dilaksanakan inspeksi/ pemeliharaan yang menghendaki dihentikannya operasi PLTA.

## **BAB III**

### **TEORI PERHITUNGAN**

#### **3.1 UMUM**

Pada bab ini akan dijelaskan tentang beberapa teori yang akan dipergunakan didalam melakukan perhitungan. Perumusan yang dipakai adalah :

- Persamaan cara Thiessen Poligon, yang dipakai untuk menghitung besarnya hujan rata-rata wilayah di DAS tersebut.
- Persamaan Potensi dan Energi Tenaga Air, yang dipakai untuk menghitung besarnya daya dan energi yang bisa dihasilkan di daerah tersebut.
- Persamaan Efisiensi Turbin, yang dipakai untuk mengetahui besarnya efisiensi pemakaian turbin.

#### **3.2 PERHITUNGAN CURAH HUJAN RATA-RATA WILAYAH**

Perhitungan Curah Hujan rata-rata wilayah di DAS Ngrowo ini dilakukan dengan cara Thiessen Poligon.

Persamaan perhitungan curah hujan rata-rata wilayah dengan cara Thiessen Poligon adalah sebagai berikut :

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

dimana :

$\bar{R}$  = Curah hujan daerah

$R_1, R_2, \dots, R_n$  = Curah hujan di tiap titik pengamatan

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Bagian daerah/ luas poligon yang  
mewakili tiap titik pengamatan

$n$  = jumlah titik-titik pengamatan

### 3.3 PERHITUNGAN DEBIT SALURAN PARIT AGUNG

#### 3.3.1 Mengubah Satuan Debit

Debit saluran drainase Parit Agung diukur dalam satuan  $m^3/dt$ . Untuk mempermudah dalam melakukan perhitungan, maka satuan debit dalam  $m^3/dt$  diubah ke dalam satuan  $mm$ . Ada pun caranya adalah dengan persamaan berikut :

$$Q' = 1000 (Q \times t/A)$$

dimana :

$Q'$  = debit (mm)

$Q$  = debit ( $m^3/dt$ )

$t$  = waktu ( $dt$ )

$A$  = Luas DAS ( $m^2$ )

Diasumsikan bahwa debit yang terjadi pada tanggal yang bersangkutan adalah debit puncak, sehingga perhitungan waktu ( $t$ ) menjadi :  $(\frac{1}{2} \times 24 \times 60 \times 60)$  detik sama dengan 43200 detik. Sedangkan luas DAS adalah  $(1300E+6)$   $m^2$ . Persamaan di atas menjadi :

$$Q' = 1000 (Q \times (43200/1300E+6))$$

$$= 0.03323 Q$$

### 3.3.2 Menyusun Data Debit

Data debit yang ada adalah data primer hasil pengukuran yang dilakukan setiap dua minggu. Pada studi ini diperlukan data sepanjang 15 (limabelas) tahun. Untuk keperluan tersebut

dipergunakan pendekatan cara *Regresi Lineair* untuk mendapatkan data yang dibutuhkan. Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$Y = a + bX$$

dimana :

$Y$  = data debit yang harus dicari ( $Q$ )

$a, b$  = faktor perubah

$X$  = data hujan ( $R$ )

Faktor perubah  $a$  dan  $b$  masing-masing adalah  $a$  = intercept dan  $b$  = slope (gradient). Dengan metode Least Squares perumusan  $a$  dan  $b$  adalah sebagai berikut :

$$b = \frac{n \cdot \sum (X \cdot Y) - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum (X^2) - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{\sum Y - b \cdot \sum X}{n}$$

Untuk menentukan tingkat hubungan antara  $X$  dan  $Y$ , ditentukan oleh besarnya  $r$  yaitu koefisien determinasi. Model

yang baik mempunyai harga  $r$  berkisar antara +1 dan -1. Harga  $r$  mendekati kisaran harga tersebut menandakan bahwa terdapat hubungan yang cukup erat antara X dengan Y. Dengan kata lain bahwa pendekatan yang dilakukan mendekati kesempurnaan. Besarnya  $r$  diperoleh dengan perumusan :

$$r^2 = \frac{[n \cdot \Sigma(X \cdot Y) - \Sigma X \cdot \Sigma Y]^2}{[n \cdot \Sigma(X^2) - (\Sigma X)^2] [n \cdot \Sigma(Y^2) - (\Sigma Y)^2]}$$

### 3.4 PERHITUNGAN POTENSI dan ENERGI TENAGA AIR

Potensi tenaga air dari suatu daerah aliran sungai adalah besarnya daya yang bisa dibangkitkan oleh adanya perbedaan tinggi pada suatu sungai yang besarnya adalah :

$$P = Q * \rho * g * h \text{ watt}$$

dimana :

$$P = \text{daya dalam watt}$$

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

$$\rho = \text{masa jenis air} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = \text{percepatan gaya berat} = 9,8 \text{ m/dt}$$

$h$  = perbedaan tinggi dalam meter

sehingga besarnya  $P$  menjadi :

$$P = 9,8 Q H \text{ kilowatt}$$

Untuk mendapatkan besarnya energi yang dihasilkan dipergunakan perumusan sebagai berikut :

$$E = P * t$$

dimana :

$P$  = daya dalam watt ( telah diuraikan di atas)

$t$  = waktu dalam jam

### 3.5 EFFISIENSI TURBIN

Effisiensi yang dimaksud di sini adalah effisiensi pemakaian turbin.

Diperoleh dengan cara :

$$\text{Eff} = (Q_o / Q_{o \text{ max}}) * 100\%$$

dimana :

$Q_o$  = Debit pembangkitan yang ada pada saat itu  
( $\text{m}^3/\text{dt}$ )

$Q_o \text{ max} = \text{ Debit pembangkitan maksimum (m}^3/\text{dt)}$

= 31 m<sup>3</sup>/dt untuk satu unit turbin

= 62 m<sup>3</sup>/dt untuk dua unit turbin

## **BAB IV**

### **METODOLOGI PERHITUNGAN**

#### **4.1 UMUM**

Adapun tahapan-tahapan perhitungan yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- perhitungan curah hujan
- perhitungan debit
- perhitungan efisiensi pemakaian turbin
- perhitungan energi listrik

#### **4.2 PERHITUNGAN CURAH HUJAN RATA-RATA WILAYAH**

Curah hujan yang dipergunakan dalam perhitungan ini adalah curah hujan bulanan rata-rata. Untuk mendapatkan curah hujan bulanan rata-rata, terlebih dahulu data curah hujan harian diolah menjadi data hujan bulanan kemudian dihitung hujan bulanan rata-rata wilayah.

Perhitungan Curah Hujan rata-rata wilayah di DAS Ngrowo ini dilakukan dengan cara *Thiessen Polygon*. Cara ini memasukkan faktor

luas pengaruh daerah tiap titik pengamatan. Luas daerah pengaruh tersebut dibatasi oleh poligon-poligon. Cara untuk mendapatkan poligon-poligon tersebut adalah sebagai berikut:

1. Setiap stasiun dihubungkan dengan garis sampai membentuk segitiga-segitiga.
2. Dibuat garis berat pada setiap sisi segitiga tersebut sehingga titik potongnya akan membentuk poligon-poligon yang baru.  
Maka setiap stasiun akan berada pada satu poligon baru.

#### **4.3 PERHITUNGAN DEBIT PARIT AGUNG**

Untuk perhitungan debit di Parit Agung diperhitungkan debit sepanjang limabelas tahun. Dalam hal ini dipergunakan *pendekatan Lineair dengan metode Least Squares*. Dipakai pendekatan ini karena diasumsikan bahwa debit yang terjadi di Parit Agung murni berasal dari air hujan.

Mula-mula dilakukan regresi lineair untuk data pengukuran debit dan data curah hujan harian dari tanggal yang sama. Untuk keperluan itu dipilih pencatatan data hujan pada tanggal sebelumnya dijumlahkan dengan pencatatan pada tanggal yang sama dengan tanggal pengukuran

debit. Hal ini dilakukan bila data debit pada tanggal tersebut lebih besar dari curah hujan pada tanggal yang sama. Dianggap debit yang terjadi pada tanggal tersebut adalah debit puncak. Setelah dilakukan regresi lineair sepanjang tahun pengamatan akan didapatkan harga a (intercept) dan b (slope). Faktor peubah inilah yang nantinya dipakai untuk mendapatkan data debit, dimana pada pengetapan formula ini R (curah hujan bulanan) berlaku sebagai X sedangkan Q (debit bulanan) berlaku sebagai Y. Sehingga pada akhirnya akan diperoleh data sekunder debit bulanan rata-rata Saluran Parit Agung selama limabelas tahun.

#### **4.4 ANALISA PLTA TULUNGAGUNG**

Dalam setiap analisa pada PLTA selalu dihitung besar potensi dan energi yang bisa dihasilkan oleh PLTA tersebut. Termasuk juga mengenai efisiensi pemakaian turbin.

Potensi dari suatu aliran adalah besarnya tenaga atau daya yang dapat dihasilkan oleh aliran tersebut yang diakibatkan oleh perbedaan tinggi yang terdapat pada daerah aliran tersebut.

Energi yang dihasilkan adalah besarnya daya yang terjadi selama waktu tertentu.

Effisiensi pemakaian turbin yaitu perbandingan antara besarnya debit yang digunakan untuk menggerakkan turbin selama waktu tertentu dengan debit pembangkitan maksimumnya yang dioperasikan selama satu periode (satu hari = 24 jam).

## **BAB V**

### **D A T A**

#### **5.1 UMUM**

Untuk keperluan studi ini telah dikumpulkan data-data primer dan sekunder yang diperoleh dari Perum Jasa Tirta Malang dan dari Pusat Pelayanan Enjiniring- Perusahaan Listrik Negara (PPE-PLN). Adapun data-data yang diperoleh adalah : data hidrologi yang meliputi data curah hujan di DAS Ngrowo dan data debit & elevasi Parit Agung ; dan data topografi DAS Ngrowo.

Data hidrologi diperoleh dari Perum Jasa Tirta Malang. Data curah hujan yang tersedia adalah data hujan harian selama 15 tahun yaitu dari tahun 1980 sampai dengan 1994. Sedangkan data pengukuran debit yang tersedia hanya selama 4 (empat) tahun yaitu dari tahun 1991 sampai dengan tahun 1994.

Data-data yang diperoleh dari PLN-PPE adalah data-data penunjang tentang PLTA Tulungagung.

## **5.2 DATA TOPOGRAFI**

Dari peta topografi dengan skala 1 : 50.000 dapat diketahui bahwa ketinggian daerah aliran sungai Ngrowo berkisar antara + 100,00 m sampai dengan + 1.000,00 m, yang terdiri dari daerah berbukit-bukit. Luas daerah pengalirannya meliputi areal seluas ± 1.300 km<sup>2</sup>. Peta Topografi ini diperoleh dari Perum Jasa Tirta Malang.

## **5.3 DATA HIDROLOGI**

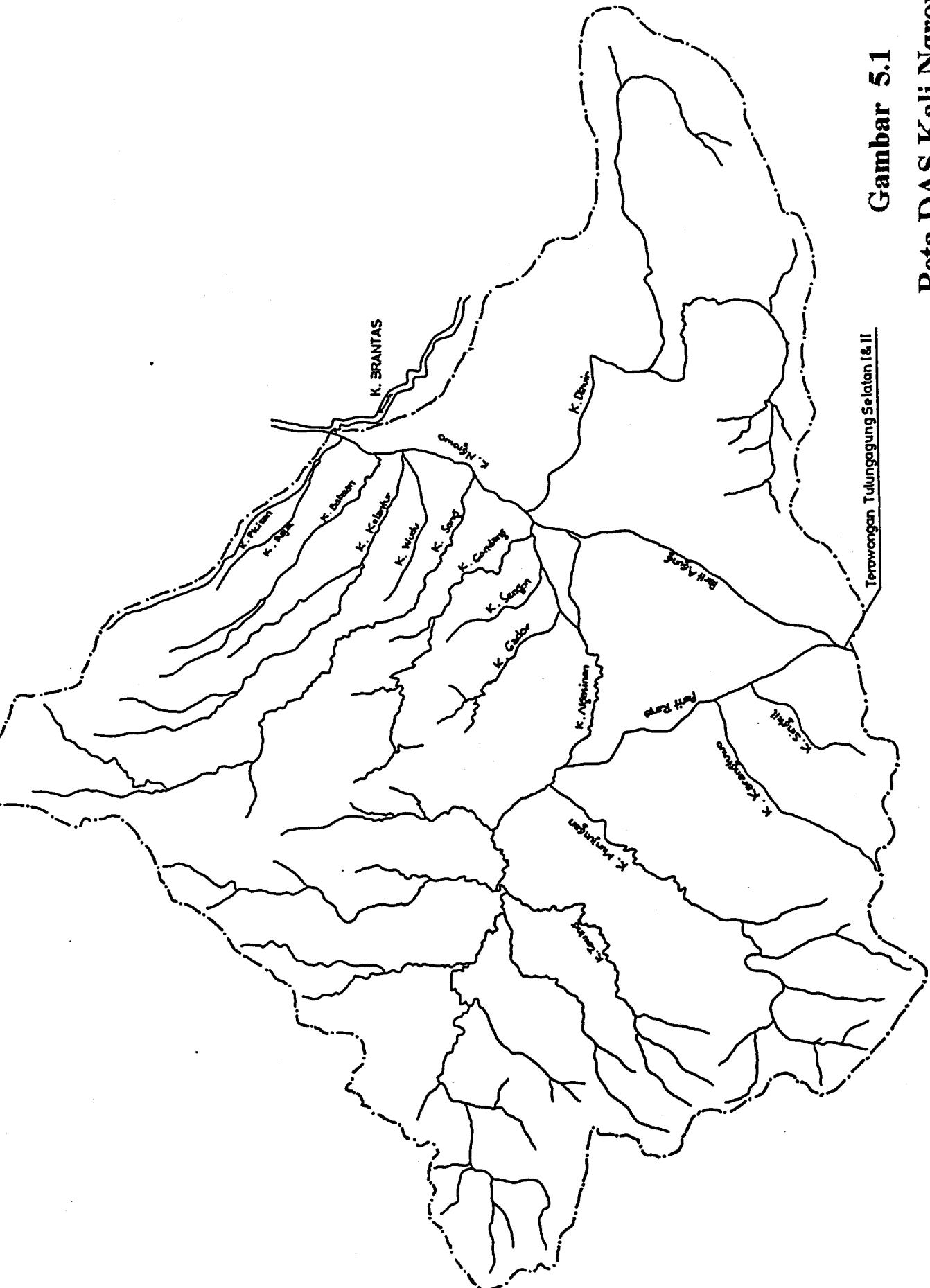
Data Hidrologi yang dipakai dalam studi ini diperoleh dari Perum Jasa Tirta Malang. Data Hidrologi ini meliputi data curah hujan yang terjadi di DAS Ngrowo, data pengukuran debit dan elevasi Parit Agung.

Dari peta DAS dapat diketahui bahwa luas daerah pengaliran Kali Ngrowo adalah seluas ± 1.300 km<sup>2</sup>. Sedangkan dari peta stasiun Hidrologi dan Meteorologi diketahui bahwa pada daerah pengaliran tersebut terdapat 24 (duapuluhan empat) buah stasiun penakar hujan, sebuah stasiun klimatologi dan stasiun pencatatan debit dan elevasi di beberapa tempat pada sungai-sungai di dalam wilayah DAS Ngrowo. *Peta Daerah Aliran Sungai* dapat dilihat pada *gambar 5.1*, dan *Peta stasiun Meteorologi dan Hidrologi* dapat dilihat pada *gambar 5.2*.

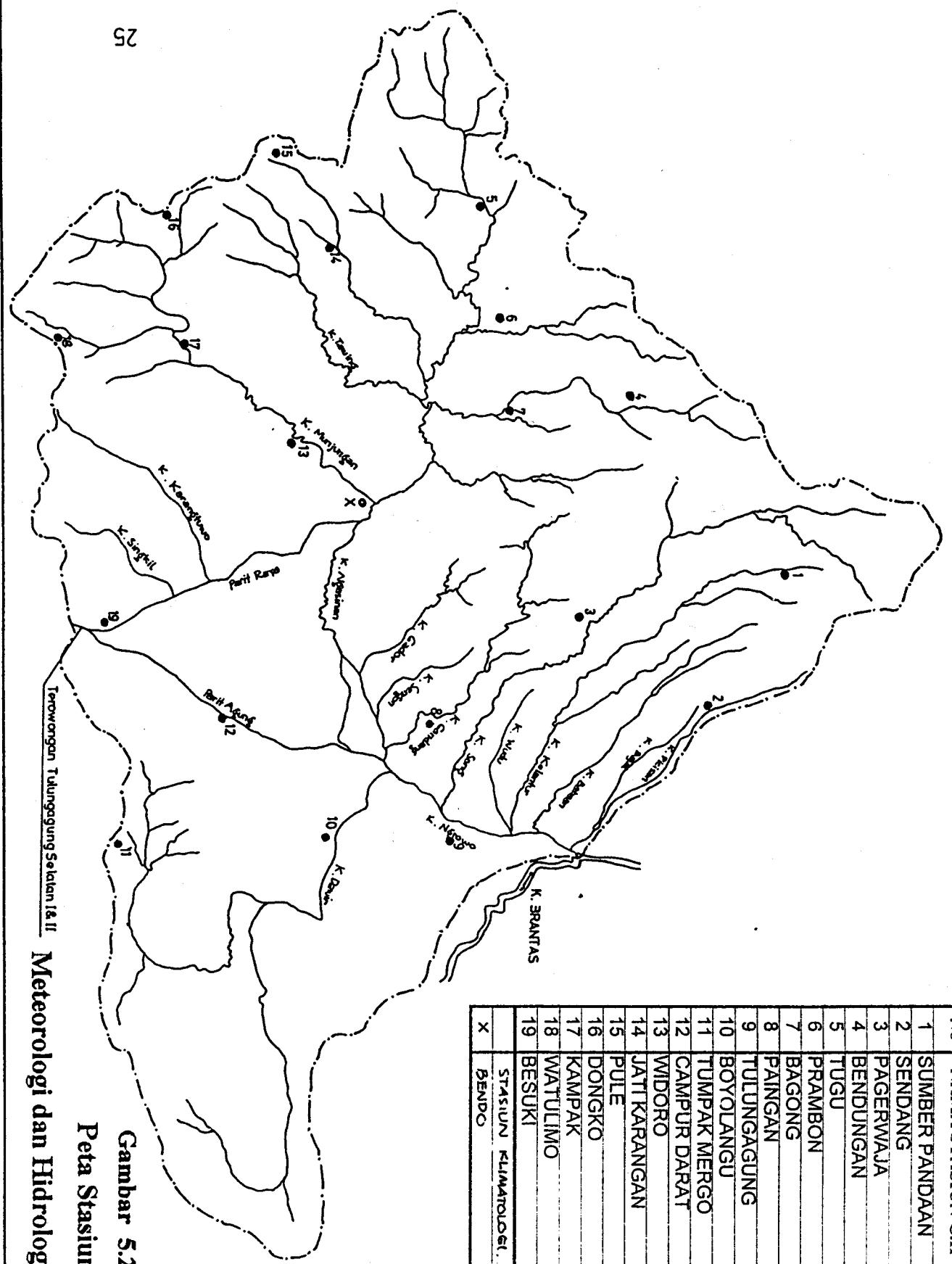
Peta DAS Kali Ngrowo

Gambar 5.1

Terowongan Tulungagung Selatan I & II



25



Gambar 5.2  
Peta Stasiun  
Terwongan Tulungagung Selatan I & II

Meteorologi dan Hidrologi

Data curah hujan yang diperoleh dari Perum Jasa Tirta Malang adalah data curah hujan harian dari tahun 1976 sampai dengan 1994. Dari data tersebut yang dipergunakan untuk keperluan studi ini adalah data dari tahun 1980 sampai dengan 1994 karena pada tahun sebelumnya ada beberapa buah stasiun yang tidak dapat beroperasi. Stasiun Penakar Hujan yang dipergunakan juga tidak seluruhnya karena beberapa diantaranya tidak dapat beroperasi lagi, untuk itu di dalam studi hanya dipergunakan 19 (sembilan belas) buah stasiun. Kesembilan-belas stasiun tersebut memiliki periode pengamatan tanpa kekosongan selama 15 (limabelas) tahun dan menyebar merata. Sedangkan kelima stasiun yang lain pada tahun-tahun tertentu mengalami kerusakan pesawat sehingga banyak mengalami kekosongan dalam pendataannya. Data curah hujan harian tersebut diolah menjadi data hujan bulanan. Hasilnya dapat dilihat pada *tabel 5.1. Data Curah Hujan Bulanan DAS Ngrowo th 1980 s/d th 1994.*

Data Pengukuran debit dan elevasi yang dipergunakan adalah data debit dan elevasi Parit Agung. Untuk itu hanya digunakan sebuah stasiun pencatatan debit dan elevasi yaitu stasiun pengukuran di Jembatan Kendal di Parit Agung. Pencatatan data debit tersebut dilakukan dua mingguan dan data yang diperoleh adalah data selama 4 (empat) tahun dari tahun 1991 sampai dengan 1994. *Data pengukuran debit dan elevasi Parit Agung* terdapat pada *tabel 5.2.*

## 1980 S/D 1994

Th	Bagong	Campudrt	Tugu	Jati Kr.	Kampak	Dongko	Tumpak - Mergo
80							
6	236	168	276	265	309	420	351
7	359	72	269	262	279	299	355
5	105	0	133	150	58	32	66
5	142	0	107	128	172	174	83
6	0	0	0	3	17	66	0
4	2	0	0	0	22	0	0
9	9	4	10	13	33	0	7
2	44	13	58	89	226	172	63
5	4	26	0	5	15	0	79
10	85	72	33	28	128	104	86
12	145	230	210	198	456	289	452
13	186	123	171	172	264	268	185

Th	Bagong	Campudrt	Tugu	Jati Kr.	Kampak	Dongko	Tumpak - Mergo
81							
7	525	206	249	156	291	388	262
6	267	316	274	262	311	265	246
5	216	76	174	149	281	359	76
2	100	121	158	64	166	132	199
5	147	65	125	121	90	1511	75
5	140	47	57	84	388	209	139
9	264	278	371	398	1133	424	472
1	40	87	15	47	152	121	150
3	161	143	121	46	129	159	202
15	110	8	82	91	64	84	60
12	220	223	284	201	259	456	305
15	141	184	272	130	164	442	186

Rwojo	Bagong	Campudrt	Tugu	Jati Kr.	Kampak	Dongko	Tumpak - Mergo
82	347	261	176	290	227	182	551
	216	255	238	375	330	278	409
	209	203	31	227	145	256	207
	95	95	26	159	147	102	279
	5	5	1	6	2	15	0
	5	23	0	104	32	97	0
	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	2.5	0
	0	0.5	0	0.3	0	0.7	0
	0	0	0	0	0	0	0
	12	1.5	0	0	0	0	0
	312	284	187	230	392	360	0
							0

Rwojo TAH	Bagong	Campudrt	Tugu	Jati Kr.	Kampak	Dongko	Tumpak - Mergo
81	357	264	419	241	255	107	165
	458	155	253	157	210	235	126
	248	171	190	166	147	174	166
	266	203	339	107	169	122	72
	264	364	195	75	289	139	262
	88	46	20	0	36	430	39
	1.4	19	15	0	13	30	19
	0	0	0	0	0	1	0
	0.8	0.5	0.2	5	1	8	2
	48	44	33	100	25	346	183
	63	36	43	192	14	129	115
	58	44	6.1	222	34	124	173
							51

TAHUN \ ST	Bagong	Campudrt	Tugu	Jatl Kr.	Kampak	Dongko	Tumpak - Mergo
84 1	53	45	306	39	0	371	50
2	51	50	168	28	290	343	35
3	22	24	100	23	356	185	24
4	22	65	0	22	0	124	46
5	31	34	0	24	0	0	26
6	712	3	67	10	87	0	12
7	7	4	29	1.3	44	5	9
8	2	11	10	2	77	62	22
9	25	14	217	16	373	197	87
10	1.4	0	86	0	45	0	12
11	39	20	59	0	152	0	52
12	6	31	406	14	408	0	19

TAHUN \ ST	Bagong	Campudit	Tugu	Jatl Kr.	Kampak	Dongko	Tumpak - Mergo
85 1	54.5	19.7	246.1	18.33	103.2	0	9.3
2	23.8	40.3	188.7	22.2	391.6	211.5	0.6
3	83.9	64.1	98.1	16.1	354.2	341.3	0.1
4	25.4	19.2	0	28.7	176.1	261.3	0.1
5	10.6	0.3	109.3	8.5	17.7	57.9	8.1
6	24.3	23.6	53.9	32.7	226.6	34.6	39.5
7	0.6	6.2	19.2	1.6	0	22	8.8
8	2.1	3.6	4.2	8	0	45.9	9.6
9	3.8	2	41.1	1.9	180	41.3	4.95
10	48.3	14.5	125.2	124.6	170.2	137.5	32
11	42.9	7.8	308	24.6	170.4	109.1	52.2
12	39.3	21.3	298.7	45.8	150.5	65	34.7

TAHUN \ ST	agong	Campudit	Tugu	Jati Kr.	Kampak	Dongko	Tumpak - Mergo
TAHUN	ST						
86	1	59.7	21.3	443	58.2	272.9	296.3
	2	70.2	26.9	0	28.4	53.1	154.9
	3	64.8	93.2	0	38.5	146.9	222.5
	4	16.9	0	0	19.5	107.6	215.3
	5	0	0	0	12.6	0	98.7
	6	46.9	13.6	250	31.4	25.4	223.3
	7	7.9	2.7	64	24.1	206	138.3
	8	8	47	28	10.9	130	123.9
	9	10.8	6.5	34	6.8	65	54.8
	10	34	42.5	11.4	17.7	259	281.5
	11	85.3	277	148	101.8	283.2	458.35
	12	64	118.5	24.7	137.5	114.4	123.15

TAHUN \ ST	agong	Campudit	Tugu	Jati Kr.	Kampak	Dongko	Tumpak - Mergo
TAHUN	ST						
87	1	52.5	115.8	463.6	192.6	323.5	276
	2	46.7	31	311.1	164	177.5	153.6
	3	25.3	26.6	15.8	90.4	89.2	155.2
	4	11	0	7.2	15.5	22.9	36.5
	5	0	8.5	77.4	14.5	31.8	93.6
	6	3	0	34	10.5	29.5	63.4
	7	30.8	10.5	16.4	20.5	60.1	53.8
	8	7	4.5	6.3	10.8	13.1	8.2
	9	0	3.5	0	3	13.6	7.2
	10	0	0	3.8	0.5	7	9
	11	46	158.5	125.6	70.4	116.1	168.8
	12	439.5	134.5	9.6	309.1	0	564.6

TAHUN	ST	Bagong	Campudit	Tugu	Jatl Kr.	Kampak	Dongko	Tumpak - Mergo
88	1							
2		348.5	185	785	228	194.6	390	277
3		165	183.5	363.2	208.5	277.9	340	221
4		147.5	240	206.4	214.5	206.2	194	359
5		88	10.5	152.6	60	104.3	52	70
6		109.5	58.5	142.4	75	112.8	216	35
7		84.5	118	70.4	105	116	132.4	52
8		9	2	7.8	31	31.7	36.4	5
9		18	13.5	33	12.5	13.2	42.3	7
10		36.5	50.5	35	65	41.3	47.7	44
11		142.5	132	120.9	100	18.3	68.4	189.5
12		260.5	241.5	288.9	288.5	282.4	277.7	298.5
		142	86.5	66.1	124	234.8	204.7	87

TAHUN	ST	Bagong	Campudit	Tugu	Jatl Kr.	Kampak	Dongko	Tumpak - Mergo
89	1							
2		189.5	0	283.3	194	314.6	126.8	180.1
3		411.5	37.8	641.3	353.5	208.4	75.6	172
4		116.5	0	106.5	188.5	157.8	103.5	213
5		203	18.5	120	147.5	109.5	82.4	55
6		140.5	40	190.7	77	312.9	120.8	141
7		39.5	51	301.7	145.5	265.4	216.8	130
8		110.5	44	147.6	63.5	154.5	119.35	73
9		7.5	35.5	0	22.5	82.3	65.5	48
10		6	2.5	0	0	5.85	3.4	6.5
11		267	39	93	213	133.6	71.3	248
12		124	0	83	244.6	51.8	44	147
		213	0	112	188	340.2	202.5	200

TAHUN	ST	agong	Campudrt	Tugu	Jati Kr.	Kampak	Dongko	Tumpak - Mergo
90	1	197	11.1	162.2	191.5	296.2	167.2	117
	2	166	3.6	343	206	285	104.2	78
	3	187	13.7	217.3	124	164.4	118.9	75
	4	88.5	18.8	42.7	49.5	82.6	58.3	135
	5	66.5	8.5	81	90.5	180.1	24.3	96
	6	67	0.4	23.1	65.5	168.2	26.8	100
	7	13	4	21	44.2	96.7	92.3	71
	8	39	15.1	8	65.5	212.2	3.4	52.5
	9	41	0.3	44	2.5	53.5	30.6	5
	10	44.5	1.6	19	42.5	40.2	0	85
	11	27	0	29	6	115.8	0	104
	12	322	0	408	137.5	231.2	0	221

TAHUN	ST	agong	Campudrt	Tugu	Jati Kr.	Kampak	Dongko	Tumpak - Mergo
91	1	223.5	0	116.8	567.5	350.6	180.2	253
	2	136	0	93.9	212	154.7	176.2	86.8
	3	146	80.3	372.2	167.5	105.3	140.7	47
	4	312	10.3	106.4	170	202.4	160.4	169.5
	5	10.5	13.4	36	27.5	62.4	1.9	81
	6	18.5	0	0	36.5	24.8	24.9	0
	7	10.5	0	0	0	0	0	0
	8	6.75	0	0	0	0	0	0
	9	7	0	0	0	0	0	0
	10	0	13.5	0	0	0	0	0
	11	0	30.5	0	0	0	0	392.5
	12	0	0	0	0	0	0	201.5

TAHUN	ST	gong	Campudrt	Tugu	Jati Kr.	Kampak	Dongko	Tumpak - Mergc
92	1	203	45	395	303	87	560	0
	2	216	298	384	304	515	501	0
	3	284	71	358	236	142	332	31
	4	165	39	280	239	184	294	180
	5	75	11	246	60	134	425	10.5
	6	15	2	0	36	13	71	0
	7	3	0	0	0	2	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0

TAHUN	ST	agong	Campudrt	Tugu	Jati Kr.	Kampak	Dongko	Tumpak - Mergo
93	1	318	199	316	254	269	480	233
	2	237	160	319	196	219	408	284
	3	104	78	603	225	152	129	149
	4	256	342	399	344	641	680	142
	5	9	34	91	23	171	36	169
	6	102	139	0	153	7	116	26
	7	0	0	26	0	0	0	0
	8	5	0	0	24	0	0	0
	9	0	0	438	9	0	136	0
	10	0	14	536	0	107	480	396
	11	135	206	502	99	171	220	250
	12	238	216	468	297	250	313	347

ST TAHUN	gong	Campudrt	Tugu	Jati Kr.	Kampak	Dongko	Tumpak - Mergo
	264	301	251	303	462	658	163
94 1	193	192	288	249	388	384	293
2	301	300	331	602	450	496	304
3	278	141	123	78	115	322	99
4	9	1	175	4	359	358	142
5	0	0	0	0	23	0	0
6	0	0	16	0	16	0	0
7	0	0	0	0	7	136	26
8	0	0	0	0	0	48	0
9	0	0	0	28	0	0	0
10	0	2	0	0	0	0	16
11	0	87	0	10	0	25	59
12							

TABEL 5.2

## DATA PENGUKURAN DEBIT PARIT AGUNG DI STASIUN JEMBATAN KENDAL

TGL/TAHUN	Q (m <sup>3</sup> /dt)	F ( m <sup>2</sup> )	B (m)	H ( m )	V RATA ( m/dt)
1/1 91		TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER			
1/2 91		TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER			
1/3 91		TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER			
27/4 91	45.43	78.76	32	2.461	0.59
6/5 91	20.294	38.04	16	2.377	0.375
23/5 91		TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER			
6/6 91	6.267	36.225	15	2.415	0.173
17/6 91	5.681	33.77	15	2.257	0.168
2/7 91	9.144	44.1	16.6	2.756	0.164
28/7 91	6.676	34.67	16	2.167	0.145
13/8 91	6.714	34.82	16	2.176	0.146
29/8 91	6.623	34.56	16	2.16	0.1445
4/9 91	6.749	34.61	16	2.183	0.147
26/9 91	6.862	28.67	14	2.048	0.224
7/11 91	3.191	6.415	12	0.535	0.472
25/11 91	27.649	35.255	27	1.306	0.635
3/12 91	17.658	24.805	18	1.378	0.578
23/12 91	12.633	17.55	17	1.032	0.626
7/1 92	68.409	62.26	28	2.147	0.938
20/1 92	75.978	70.755	30	2.358	1.09
5/2 92	206.767	118.72	40	2.968	1.635
19/2 92	246.883	124.83	40	3.121	1.883
2/3 92	47.936	66.3	30	2.21	1.598
17/3 92	201.377	120.25	40	3.006	5.034
14/4 92	95.364	85.45	31	2.756	1.066
28/4 92	89.33	95.4	34	2.806	1.073
12/5 92	35.494	62.57	32	1.955	0.78
19/5 92	26.374	60.41	30	2.014	0.516
4/6 92	96.406	100.65	34	2.96	0.811
18/6 92	18.583	53.87	30	1.796	0.349
6/7 92	20.311	52.26	30	1.742	0.453
21/7 92	8.977	46.78	30	1.558	0.3
6/8 92	12.784	29.08	28	1.753	0.296
25/8 92	17.906	56.54	30	1.885	0.407
4/9 92	482.801	276.18	42	6.578	1.656
29/9 92	149.857	149.3	42	3.555	0.989
10/10 92	151.464	145.05	40	3.626	0.949
29/10 92	192.082	153.37	40	3.834	1.116
10/11 92	118.46	132.58	38	3.489	0.791
25/11 92	234.028	169.555	43	3.943	1.388
9/12 92	289.769	188.2	44	4.277	1.368
22/12 92	33.734	102.26	36	2.665	0.473
22/1 93	285.407	300.23	56	5.361	0.905
16/2 93	71.078	297.1	54	5.502	0.228
26/1 93	49.189	324.52	52	6.241	0.146
11/3 93	158.813	336.42	60	5.807	0.456
13/4 93	144.223	333.13	66	5.047	0.439

22/4 93	208.995	332.97	66	5.045	0.612
10/5 93	36.876	289.7	56	5.173	0.125
26/5 93	27.603	292.08	56	5.216	0.094
10/6 93	27.094	288.31	56	5.148	0.093
28/6 93	34.861	289.44	56	5.168	0.125
14/7 93	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
23/7 93	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
10/8 93	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
25/8 93	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
23/9 93	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
14/10 93	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
28/10 93	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
10/11 93	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
1/12 93	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
13/1 94	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
1/2 94	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
9/3 94	156.206	165.648	48	3.451	0.943
23/3 94	298.765	303.97	60	5.066	0.99
8/4 94	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
10/5 94	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
10/6 94	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
4/7 94	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
11/8 94	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
14/9 94	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
10/10 94	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
1/11 94	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				
1/12 94	TIDAK DAPAT DIUKUR/BACKWATER				

## **5.4 DATA PLTA TULUNGAGUNG**

Data-data penunjang tentang PLTA Tulungagung adalah sebagai berikut:

Turbin Pembangkit : Turbin Hidraulik Tipe Francis

2 x 18 MW

Debit Pembangkit : Max. : 62 m<sup>3</sup>/dt

Min. : 12,4 m<sup>3</sup>/dt

Elevasi Tampungan : Max. : + 79 m

Min. : + 76 m

## **BAB VI**

### **PERHITUNGAN dan ANALISA**

#### **6.1 UMUM**

Pada bab ini akan dijelaskan perhitungan-perhitungan yang dilakukan untuk menganalisa studi. Perhitungan-perhitungan tersebut adalah :

- perhitungan Curah Hujan
- perhitungan Debit Saluran
- perhitungan Efisiensi Turbin
- perhitungan energi listrik

#### **6.2 PERHITUNGAN CURAH HUJAN BULANAN**

Telah diuraikan pada bab sebelumnya bahwa perhitungan Curah Hujan rata-rata wilayah di DAS Ngrowo ini dilakukan dengan cara Thiessen Poligon. Cara perhitungan tersebut adalah sebagai berikut :

Perhitungan  $\bar{R}$  bulan Januari tahun 1980

Stasiun	Sbpd(1)	Sd(2)	Ptm(3)	TA(4)	Bsk(5)	Bylg(6)	Prb(7)	Wdr(8)	Pule(9)
R(mm)	291	432	371	228	399	375	283	265	242
A(km <sup>2</sup> )	84.65	48.825	79.93	56.44	71.86	131.25	47.25	105	25.6

Wdm(10)	Bdg(11)	Pgwi(12)	Bgg(13)	Cpdrt(14)	Tugu(15)	Jtkr(16)	Kmp(17)	Dgk(18)	Tpmg(19)
309	230	236	236	168	276	265	309	420	351
42	67.85	88.27	64.31	72.5	70.875	54.34	53.15	29.15	110.9

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_{19} R_{19}}{A_1 + A_2 + \dots + A_{19}}$$

$$\bar{R} = \frac{\left[ 84.65 * 291 + 48.825 * 432 + 79.93 * 371 + 56.44 * 228 + 71.86 * 399 + 131.25 * 375 + 47.25 * 283 + 105 * 265 + 25.6 * 242 + 42 * 309 + 67.85 * 230 + 88.27 * 236 + 64.31 * 236 + 72.5 * 168 + 70.875 * 276 + 54.34 * 265 + 53.15 * 309 + 29.15 * 420 + 110.9 * 351 \right]}{\left[ 84.65 + 48.825 + 79.93 + 56.44 + 71.86 + 131.25 + 47.25 + 105 + 25.6 + 42 + 67.85 + 88.27 + 64.31 + 72.5 + 70.875 + 54.34 + 29.15 + 110.9 \right]}$$

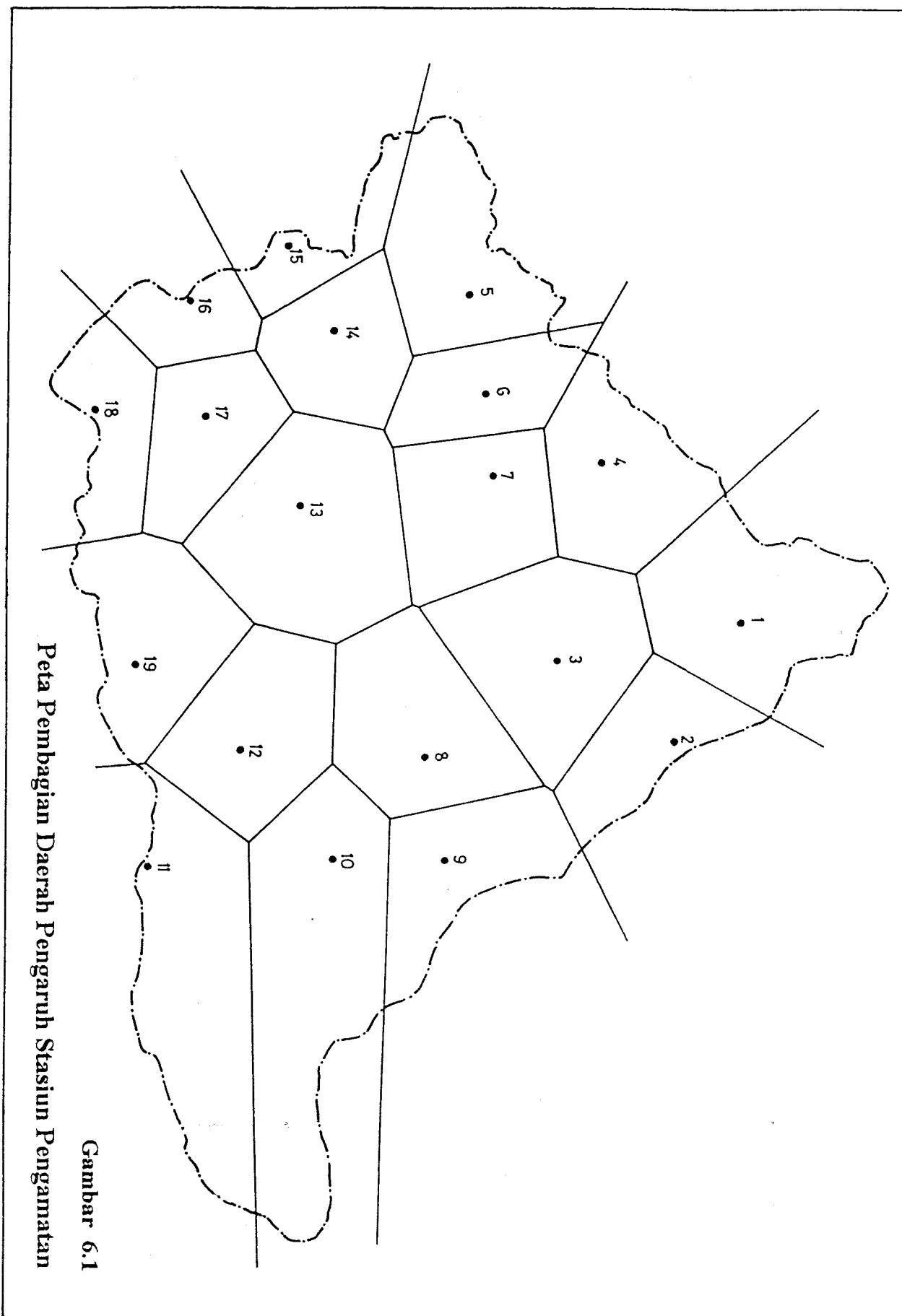
$$\bar{R} = \frac{371025.25}{1300.15} = 300.469$$

Hasil perhitungan selanjutnya telah disusun dalam *tabel 6.2*

*Perhitungan Hujan Rata-rata Wilayah di DAS Ngrowo th 1980 s/d 1994.*

Lihat gambar 6.1 *Pembagian daerah Thiessen Poligon dan tabel 6.1*

*Luas Daerah Pengaruh Stasiun Pengamatan.*



TABEL 6.1

**STASIUN PENAKAR HUJAN DI D.A.S NGROWO**

No	NAMA STASIUN C.H	LUAS DAERAH PENGARUH (Km <sup>2</sup> )	ELEVASI
1	SUMBER PANDAAN	84.65	970
2	SENDANG	44.825	570
3	PAGERWAJA	88.27	425
4	BENDUNGAN	67.85	690
5	TUGU	70.875	135
6	PRAMBON	47.25	125
7	BAGONG	64.31	110
8	PAINGAN	79.93	90
9	TULUNGAGUNG	56.44	90
10	BOYOLANGU	131.25	86
11	TUMPAK MERGO	110.9	188
12	CAMPUR DARAT	72.5	88
13	WIDORO	105	100
14	JATI KARANGAN	54.34	112
15	PULE	25.6	655
16	DONGKO	29.15	525
17	KAMPAK	53.15	120
18	WATULIMO	42	299
19	BESUKI	71.86	87
	JUMLAH LUAS	1300.15	

AS NGOWO Th 1980 s/d Th

Jen	Pagerweje		Bagong		Kampak		Dengke		Tumpak-Merge		R rata-rata
	Jns (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)
87.86	238	88.27	238	8.54.34	308	53.15	420	29.15	361	110.9	300.4882482
87.86	247	88.27	368	8.54.34	279	53.15	289	29.15	366	110.9	289.8802745
87.86	195	88.27	105	8.54.34	58	53.15	32	29.15	88	110.9	145.4847203
87.86	245	88.27	142	8.54.34	172	53.15	174	29.15	83	110.9	188.8880985
87.86	118	88.27	0	8.54.34	17	53.15	88	29.15	0	110.9	28.08733505
87.86	14	88.27	2	8.54.34	22	53.15	0	29.15	0	110.9	8.044885108
87.86	19	88.27	9	8.54.34	33	53.15	0	29.15	7	110.9	18.72071484
87.86	2	88.27	44	8.54.34	228	53.15	172	29.15	83	110.9	59.84082033
87.86	5	88.27	4	8.54.34	15	53.15	0	29.15	79	110.9	13.22880353
87.86	121	88.27	85	8.54.34	128	53.15	104	29.15	88	110.9	97.17129931
87.86	382	88.27	145	8.54.34	458	53.15	289	29.15	452	110.9	323.82928881
87.86	398	88.27	188	8.54.34	284	53.15	268	29.15	185	110.9	257.5845482

Jen	Pagerweje		Bagong		Kampak		Dengke		Tumpak-Merge		R rata-rata
	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)
87.86	237	88.27	625	8.54.34	291	53.15	388	29.15	282	110.9	283.4098033
87.86	268	88.27	267	8.54.34	311	53.15	285	29.15	248	110.9	291.2566811
87.86	185	88.27	218	8.54.34	281	53.15	359	29.15	78	110.9	223.9324888
87.86	122	88.27	100	8.54.34	188	53.15	132	29.15	199	110.9	202.8704559
87.86	26	88.27	147	8.54.34	90	53.15	151	29.15	75	110.9	142.9878888
87.86	18	88.27	140	8.54.34	368	53.15	209	29.15	139	110.9	168.8247249
87.86	169	88.27	284	8.54.34	113	53.15	424	29.15	472	110.9	368.5458884
87.86	21	88.27	40	8.54.34	152	53.15	121	29.15	150	110.9	135.5836333
87.86	83	88.27	181	8.54.34	129	53.15	159	29.15	202	110.9	137.258057
87.86	108	88.27	110	8.54.34	84	53.15	84	29.15	80	110.9	108.8336199
87.86	432	88.27	220	8.54.34	250	53.15	458	29.15	305	110.9	308.5938889
87.86	178	88.27	141	8.54.34	184	53.15	442	29.15	186	110.9	205.0295883

J	Pagerwojo		Bagong		Kampak		Dengko		Tumpak-Mergo		R rata-rata
	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	
85	347	88.27	281	84.31	182	53.15	551	29.15	238	110.9	284.4830069
85	218	88.27	255	84.31	278	53.15	409	29.15	340	110.9	297.3283365
85	208	88.27	203	84.31	256	53.15	207	29.15	211	110.9	208.5236399
85	95	88.27	95	84.31	102	53.15	279	29.15	138	110.9	150.4157229
85	5	88.27	5	84.31	15	53.15	0	29.15	8	110.9	10.22600675
85	5	88.27	23	84.31	97	53.15	0	29.15	0	110.9	71.33587458
85	0	88.27	0	84.31	0	53.15	0	29.15	0	110.9	0.418683497
85	1	88.27	0	84.31	2.5	53.15	0	29.15	0	110.9	0.429202929
85	0	88.27	0.5	84.31	0.7	53.15	0	29.15	0	110.9	0.089615842
85	0	88.27	0	84.31	0	53.15	0	29.15	0	110.9	0.849158456
85	12	88.27	1.5	84.31	0	53.15	0	29.15	0	110.9	3.329156922
85	312	88.27	284	84.31	380	53.15	0	29.15	0	110.9	221.3983424

J	Pagerwojo		Bagong		Kampak		Dengko		Tumpak-Mergo		R rata-rata
	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	
85	357	88.27	284	84.31	107	53.15	185	29.15	358	110.9	295.5759575
85	458	88.27	155	84.31	235	53.15	128	29.15	298	110.9	294.9536555
85	248	88.27	171	84.31	174	53.15	188	29.15	150	110.9	234.1381788
85	268	88.27	203	84.31	122	53.15	72	29.15	202	110.9	200.6828232
85	264	88.27	364	84.31	139	53.15	262	29.15	190	110.9	263.6905877
85	88	88.27	46	84.31	430	53.15	39	29.15	43	110.9	89.7457225
85	1.4	88.27	19	84.31	30	53.15	19	29.15	21	110.9	19.27990108
85	0	88.27	0	84.31	0	53.15	1	29.15	0	110.9	40.08197255
85	0.8	88.27	0.5	84.31	8	53.15	2	29.15	5	110.9	4.989883068
85	48	88.27	44	84.31	348	53.15	183	29.15	39	110.9	118.2977418
85	63	88.27	38	84.31	129	53.15	115	29.15	51	110.9	115.956972
85	58	88.27	44	84.31	124	53.15	173	29.15	51	110.9	107.803188

Pagerwojo		Bagong		Camp Kampak			Dengko		Tumpak-Mergo		R rata-rata
R	Luas (A)	R	Luas (A)	R		Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	
88	88.27	53	84.31	45	0	53.15	371	29.15	50	110.9	195.549377
59	88.27	51	84.31	50	290	53.15	343	29.15	35	110.9	127.8974274
69	88.27	22	84.31	24	356	53.15	185	29.15	24	110.9	122.5848867
25	88.27	22	84.31	85	0	53.15	124	29.15	46	110.9	124.380194
8	88.27	31	84.31	34	0	53.15	0	29.15	26	110.9	40.45771959
8	88.27	712	84.31	3	87	53.15	0	29.15	12	110.9	57.03550205
2	88.27	7	84.31	4	44	53.15	5	29.15	9	110.9	10.74529847
3	88.27	2	84.31	11	77	53.15	82	29.15	22	110.9	24.82584059
83	88.27	26	84.31	14	373	53.15	187	29.15	87	110.9	109.8402581
14	88.27	1.4	84.31	0	45	53.15	0	29.15	12	110.9	39.7430771
50	88.27	39	84.31	20	152	53.15	0	29.15	52	110.9	82.44306937
49	88.27	8	84.31	31	408	53.15	0	29.15	19	110.9	134.8026569

Pagerwojo		Bagong		Camp Kampak			Dengko		Tumpak-Mergo		R rata-rata
R	Luas (A)	R	Luas (A)	R		Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	
42.1	88.27	54.5	84.31	19.7	13.2	53.15	0	29.15	9.3	110.9	137.0982334
88.8	88.27	23.8	84.31	40.3	11.6	53.15	211.5	29.15	0.8	110.9	128.8004447
40.9	88.27	83.9	84.31	84.1	14.2	53.15	341.3	29.15	0.1	110.9	121.8705448
18.2	88.27	25.4	84.31	19.2	8.1	53.15	281.3	29.15	0.1	110.9	87.17459495
10.2	88.27	10.8	84.31	0.3	7.7	53.15	57.9	29.15	8.1	110.9	27.15540505
18.1	88.27	24.3	84.31	23.8	8.6	53.15	34.6	29.15	39.5	110.9	74.72535828
6.2	88.27	0.8	84.31	8.2	0	53.15	22	29.15	8.8	110.9	19.68147261
6.5	88.27	2.1	84.31	3.6	0	53.15	45.9	29.15	9.6	110.9	39.99849699
20.8	88.27	3.8	84.31	2	180	53.15	41.3	29.15	4.95	110.9	23.77385078
25.2	88.27	48.3	84.31	14.5	0.2	53.15	137.5	29.15	32	110.9	108.2823287
7.5	88.27	42.9	84.31	7.8	0.4	53.15	109.1	29.15	52.2	110.9	133.9277131
68	88.27	39.3	84.31	21.3	0.5	53.15	65	29.15	34.7	110.9	119.8938283

Pagerwojo		Bagong		Campudri			Kampak		Dongko		Tumpak-Mergo		R rata-rata
R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	
38	88.27	59.7	84.31	21.3	772.9	53.15	298.3	29.15	48.7	110.9	181.2382649		
62.3	88.27	70.2	84.31	28.9	753.1	53.15	154.9	29.15	257	110.9	118.5122425		
78.7	88.27	84.8	84.31	93.2	746.9	53.15	222.5	29.15	385	110.9	226.2413446		
31.8	88.27	16.9	84.31	0	727.8	53.15	215.3	29.15	85	110.9	85.28154499		
5.8	88.27	0	84.31	0	72.0	53.15	98.7	29.15	0	110.9	25.53941533		
18.8	88.27	48.9	84.31	13.8	725.4	53.15	223.3	29.15	200	110.9	114.3453349		
2.2	88.27	7.9	84.31	2.7	72206	53.15	138.3	29.15	114	110.9	76.75748495		
8.8	88.27	8	84.31	47	72130	53.15	123.9	29.15	143	110.9	75.5280332		
17.5	88.27	10.8	84.31	8.5	72.65	53.15	54.8	29.15	98	110.9	55.30418185		
18.3	88.27	34	84.31	42.5	72258	53.15	281.5	29.15	218	110.9	143.5311817		
189.3	88.27	85.3	84.31	277	723.2	53.15	458.35	29.15	332	110.9	238.8870256		
150.3	88.27	84	84.31	118.5	724.4	53.15	123.15	29.15	0	110.9	123.9122739		

Pagerwojo		Bagong		Campudri			Kampak		Dongko		Tumpak-Mergo		R rata-rata
R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	
154.8	88.27	52.5	84.31	115.8	723.5	53.15	278	29.15	0	110.9	191.4878381		
145.4	88.27	46.7	84.31	31	727.5	53.15	153.6	29.15	0	110.9	155.3232289		
111.4	88.27	25.3	84.31	28.8	729.2	53.15	155.2	29.15	88	110.9	79.79748348		
50	88.27	11	84.31	0	722.9	53.15	38.5	29.15	0.5	110.9	17.15999862		
18	88.27	0	84.31	8.5	721.8	53.15	93.8	29.15	9.5	110.9	25.09342714		
18	88.27	3	84.31	0	729.5	53.15	83.4	29.15	10.5	110.9	20.40783652		
9.1	88.27	30.8	84.31	10.5	720.1	53.15	53.8	29.15	9	110.9	25.6546329		
10.7	88.27	7	84.31	4.5	723.1	53.15	8.2	29.15	17	110.9	12.41108001		
1.5	88.27	0	84.31	3.5	723.8	53.15	7.2	29.15	0	110.9	5.923580878		
3.7	88.27	0	84.31	0	72.7	53.15	9	29.15	0	110.9	4.751193498		
204.8	88.27	48	84.31	158.5	728.1	53.15	168.8	29.15	79.5	110.9	123.038346		
424.3	88.27	439.5	84.31	134.5	72.0	53.15	584.8	29.15	107.5	110.9	270.3884785		

Watullimo	Jati Kr.		Kampak		Dongko		Tumpak-Mergo		R rata-rata		
	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)			
TAHUN											
133.3	4:	226	54.34	194.8	53.15	390	29.15	277	110.9	299.6807537	
88	0.8	4:	208.5	54.34	277.9	53.15	340	29.15	221	110.9	181.8291698
298.3	4:	214.5	54.34	206.2	53.15	194	29.15	359	110.9	214.2596764	
160.8	4:	80	54.34	104.3	53.15	52	29.15	70	110.9	69.4909873	
180.4	4:	75	54.34	112.8	53.15	216	29.15	35	110.9	120.1450727	
497.3	4:	105	54.34	118	53.15	132.4	29.15	52	110.9	98.07387782	
62	4:	31	54.34	31.7	53.15	36.4	29.15	5	110.9	14.20350918	
38.9	4:	12.5	54.34	13.2	53.15	42.3	29.15	7	110.9	33.88135951	
107.9	4:	65	54.34	41.3	53.15	47.7	29.15	44	110.9	41.6592313	
172.4	4:	100	54.34	18.3	53.15	68.4	29.15	189.5	110.9	119.4226155	
639	4:	288.5	54.34	282.4	53.15	277.7	29.15	298.5	110.9	259.4284496	
199.8	4:	124	54.34	234.8	53.15	204.7	29.15	87	110.9	103.929984	

Watullimo	Jati Kr.		Kampak		Dongko		Tumpak-Mergo		R rata-rata		
	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)			
TAHUN											
314.5	4:	194	54.34	314.8	53.15	128.8	29.15	180.1	110.9	229.8166852	
89	270.9	4:	353.5	54.34	208.4	53.15	75.8	29.15	172	110.9	234.4858182
147.4	4:	188.5	54.34	157.8	53.15	103.5	29.15	213	110.9	124.3007849	
275.3	4:	147.5	54.34	109.5	53.15	82.4	29.15	55	110.9	123.7958587	
321.1	4:	77	54.34	312.9	53.15	120.8	29.15	141	110.9	150.8510214	
285.6	4:	145.5	54.34	265.4	53.15	216.8	29.15	130	110.9	159.2784235	
451.9	4:	63.5	54.34	154.5	53.15	119.35	29.15	73	110.9	109.8258384	
341.9	4:	22.5	54.34	82.3	53.15	65.5	29.15	48	110.9	84.82574781	
28.3	4:	0	54.34	5.85	53.15	8.4	29.15	8.5	110.9	18.82445654	
451	4:	213	54.34	133.8	53.15	71.3	29.15	248	110.9	185.7900824	
354.7	4:	244.8	54.34	51.8	53.15	44	29.15	147	110.9	109.9453508	
232.2	4:	188	54.34	340.2	53.15	202.5	29.15	200	110.9	160.8472035	

Watulimo		Jati Kr.		Kampak		Dengko		Tumpak-Mergo		R rata-rata
TAHUN	R	Luas (A)	R							
274.6	42	191.5	54.34	296.2	53.15	187.2	29.15	117	110.9	179.8242008
90	1	82.1	42	206	54.34	285	53.15	104.2	29.15	78
2	196.6	42	124	54.34	164.4	53.15	118.9	29.15	75	110.9
3	171.9	42	49.5	54.34	82.6	53.15	58.3	29.15	135	110.9
4	418.7	42	90.5	54.34	180.1	53.15	24.3	29.15	86	110.9
5	358.6	42	85.5	54.34	168.2	53.15	28.8	29.15	100	110.9
6	214.1	42	44.2	54.34	98.7	53.15	92.3	29.15	71	110.9
7	424.6	42	65.5	54.34	212.2	53.15	3.4	29.15	52.5	110.9
E	27.4	42	2.5	54.34	53.5	53.15	30.8	29.15	5	110.9
E	193.7	42	42.5	54.34	40.2	53.15	0	29.15	85	110.9
10	122.5	42	8	54.34	115.8	53.15	0	29.15	104	110.9
11	304.9	42	137.5	54.34	231.2	53.15	0	29.15	221	110.9
										195.8260089
										12

Watulimo		Jati Kr.		Kampak		Dengko		Tumpak-Mergo		R rata-rata
TAHUN	R	Luas (A)	R							
332.7	42	587.5	54.34	350.8	53.15	180.2	29.15	253	110.9	269.138928
91	193.4	42	212	54.34	154.7	53.15	178.2	29.15	88.8	110.9
	160.8	42	187.5	54.34	105.3	53.15	140.7	29.15	47	110.9
	301.9	42	170	54.34	202.4	53.15	160.4	29.15	169.5	110.9
	71.1	42	27.5	54.34	82.4	53.15	1.8	29.15	81	110.9
	68.6	42	38.5	54.34	24.8	53.15	24.9	29.15	0	110.9
	0	42	0	54.34	0	53.15	0	29.15	0	110.9
	0	42	0	54.34	0	53.15	0	29.15	0	110.9
	0	42	0	54.34	0	53.15	0	29.15	0	110.9
	0	42	0	54.34	0	53.15	0	29.15	0	110.9
1	0	42	0	54.34	0	53.15	0	29.15	392.5	110.9
1	0	42	0	54.34	0	53.15	0	29.15	201.5	110.9
										184.4701681
										1

Jan	Pagerwojo		Bagong		C	Dengko		Tumpak-Mergo		R rata-rata	
	Luas (A)	R	Luas (A)	R		Luas (A)	R	Luas (A)	R		
TAHUN	87.85	334	88.27	203	84.31	53.15	560	29.15	0	110.9	308.700115
92	87.85	29	88.27	218	84.31	53.15	501	29.15	0	110.9	238.3422804
	67.85	96	88.27	284	84.31	53.15	332	29.15	31	110.9	234.9982696
	87.85	214	88.27	165	84.31	53.15	294	29.15	180	110.9	241.145244
	87.85	115	88.27	75	84.31	53.15	425	29.15	10.5	110.9	110.0314895
	87.85	0	88.27	15	84.31	53.15	71	29.15	0	110.9	30.30806337
	67.85	0	88.27	3	84.31	53.15	0	29.15	0	110.9	4.024806065
	87.85	155	88.27	0	84.31	53.15	0	29.15	0	110.9	11.59302994
	87.85	101	88.27	0	84.31	53.15	0	29.15	0	110.9	6.946279186
	87.85	248	88.27	0	84.31	53.15	0	29.15	0	110.9	18.78581515
	87.85	191	88.27	0	84.31	53.15	0	29.15	0	110.9	12.92763102
	87.85	297	88.27	0	84.31	53.15	0	29.15	0	110.9	20.10212782

Jan	Pagerwojo		Bagong		C	Dengko		Tumpak-Mergo		R rata-rata	
	Luas (A)	R	Luas (A)	R		Luas (A)	R	Luas (A)	R		
TAHU	87.85	493	88.27	318	84.31	53.15	480	29.15	233	110.9	350.7427558
93	87.85	245	88.27	237	84.31	53.15	408	29.15	284	110.9	282.780518
	67.85	230	88.27	104	84.31	53.15	129	29.15	149	110.9	171.2407507
	87.85	432	88.27	258	84.31	53.15	680	29.15	142	110.9	312.8446804
	87.85	43	88.27	9	84.31	53.15	36	29.15	169	110.9	53.82778438
	67.85	154	88.27	102	84.31	53.15	116	29.15	26	110.9	105.8157574
	67.85	0	88.27	0	84.31	53.15	0	29.15	0	110.9	3.325230993
	87.85	39	88.27	5	84.31	53.15	0	29.15	0	110.9	23.50996818
	67.85	2	88.27	0	84.31	53.15	136	29.15	0	110.9	82.09757313
	67.85	54	88.27	0	84.31	53.15	480	29.15	398	110.9	168.8790783
	87.85	293	88.27	135	84.31	53.15	220	29.15	250	110.9	242.8222942
	87.85	402	88.27	238	84.31	53.15	313	29.15	347	110.9	300.8521872

TA	Luas (A)	Pagerwojo		R	Kampak		Dongko		Tumpak-Mergo		R rata-rata	
		R	Luas (A)		R	Luas (A)	R	Luas (A)	R	Luas (A)		
2	67.85	328	88.27	2	34	462	53.15	658	29.15	163	110.9	321.7302458
3	67.85	389	88.27	1	34	388	53.15	384	29.15	293	110.9	288.8000077
8	67.85	480	88.27	3	34	450	53.15	498	29.15	304	110.9	427.3717057
2	67.85	273	88.27	2	34	115	53.15	322	29.15	99	110.9	227.7294866
7	67.85	23	88.27	3	34	359	53.15	358	29.15	142	110.9	123.2506637
0	67.85	0	88.27	34	23	53.15	0	29.15	0	110.9	8.181714527	
8	67.85	0	88.27	34	18	53.15	0	29.15	0	110.9	5.251083081	
0	67.85	0	88.27	34	7	53.15	136	29.15	28	110.9	8.418368286	
0	67.85	0	88.27	34	0	53.15	48	29.15	0	110.9	1.072882721	
0	67.85	0	88.27	34	0	53.15	0	29.15	0	110.9	3.274922363	
8	67.85	0	88.27	34	0	53.15	0	29.15	18	110.9	3.743357743	
2	67.85	0	88.27	34	0	53.15	25	29.15	59	110.9	18.36109343	

## Curah Hujan Bulanan Rata-rata Wilayah DAS Ngrowo th 1980 s/d th 1994

	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept.	Okt	Nop.	Des.	C.H. Tahunan	Rata-rata
1980	300.5	269.9	145.5	166.9	26.1	6.05	18.7	59.6	13.2	97.2	323.6	257.6	1684.85	140.4042
1981	236.4	291.3	223.9	202.7	143	166.8	398.1	135.6	137.3	106.3	309.6	205	2556	213
1982	264.5	297.3	209.5	150.4	10.2	71.3	0.42	0.43	0.09	0.65	3.33	221.4	1229.52	102.46
1983	295.6	294.9	234.1	200.7	283.7	69.7	19.3	40.1	5	116.3	116	107.8	1783.2	148.6
1984	195.5	127.9	122.6	124.4	40.5	57	10.7	24.9	109.6	39.7	82.4	134.6	1069.8	89.15
1985	137.1	128.8	121.9	67.2	27.2	74.7	19.7	40	23.8	108.3	134	120	1002.7	83.55833
1986	161.2	118.5	226.2	85.3	25.5	114.3	76.8	75.5	55.3	143.5	236.7	123.9	1442.7	120.225
1987	191.5	155.3	79.8	17.2	25.1	20.4	25.7	12.4	5.9	4.75	123.04	270.4	931.49	77.62417
1988	299.7	181.8	214.3	69.5	120.2	96.1	14.3	33.9	41.7	119.4	259.4	103.9	1554.2	129.5167
1989	229.6	234.5	124.3	123.8	150.6	159.3	109.8	84.8	18.8	165.8	109.9	160.6	1671.8	139.3167
1990	179.8	156.8	131.2	107.3	96.9	72.7	48.8	61.1	23.3	44	41.2	195.6	1158.7	96.55833
1991	289.1	142.4	236.2	270.5	36.4	13.4	5.3	1.8	2.5	4.54	145.8	164.5	1312.44	109.37
1992	306.7	497.9	235	241	110	30.3	4.02	11.6	6.95	16.79	12.93	20.1	1493.29	124.4408
1993	350.7	282.8	171.2	312.8	53.6	105.8	3.33	23.51	82.1	200.9	242.6	300.8	2130.14	177.5117
1994	321.7	288.8	427.4	227.7	123.3	6.2	5.04	9.04	1.07	3.27	3.7	18.36	1435.58	119.6317
Rata2	250.64	231.26	193.54	157.83	84.82	170.937	50.667	40.952	35.107	78.093	142.95	160.3	1497.094	124.7578

## **6.3 PERHITUNGAN DEBIT SALURAN PARIT AGUNG**

Seperti telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa data pengukuran debit yang ada adalah data tahun 1991 sampai dengan tahun 1994. Data yang tersedia tersebut tidak dapat langsung digunakan. Melainkan harus diolah dulu menjadi data debit rata-rata bulanan. Untuk itu dipergunakan cara Regresi Lineair dengan metode Least Squares seperti yang telah diuraikan sebelumnya. Untuk kepentingan tersebut maka data debit dalam satuan  $m^3/dt$  diubah menjadi satuan mm.

### **6.3.1 Mengubah Satuan Debit Saluran**

Seperti telah dijelaskan pada bab 3, bahwa untuk mengubah satuan debit saluran dipergunakan perumusan :

$$Q' = 0.03323 Q$$

Sebagai contoh  $Q$  pada tanggal 27 bulan April tahun 1991 sebesar  $45.43 m^3/dt$ . Sehingga besarnya debit dalam satuan mm adalah :

$$Q' = 0.03323 * 45.43$$

$$= 1.5095 \text{ mm}$$

Untuk seterusnya hasil perhitungan disusun dalam bentuk tabel. Lihat tabel 6.3 *Data Pengukuran Debit Parit Agung dalam (mm)*.

### **6.3.2 Perkiraan Debit Bulanan dengan Analisa Regresi**

Pada analisa ini hujan ( R ) diberi notasi sebagai X dan debit ( Q ) sebagai Y. Dari data yang tersedia pada data R dan Q disusun dalam bentuk tabel dimana tanggal yang bersangkutan diberi notasi berupa angka 1 dan seterusnya untuk menandai data ke-n dari X dan Y. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan harga dari  $\Sigma X$ ,  $\Sigma Y$ ,  $\Sigma(XY)$ ,  $\Sigma(X^2)$ ,  $\Sigma(Y^2)$ ,  $(\Sigma X)^2$ ,  $(\Sigma Y)^2$ ,  $(\Sigma X) * (\Sigma Y)$ .

Tabel 6.3 Data Pengukuran Debit dengan satuan m<sup>3</sup>/dt dan mm

Tgl	Q (m <sup>3</sup> /dt)	Q (mm)
27.491	45.43	1.509673846
6.591	20.294	0.674385231
6.6	6.267	0.208257231
17.6	5.681	0.188784
2.7	9.144	0.303862154
29.7.	6.676	0.221848615
13.8	6.714	0.223111385
29.8	6.623	0.220087385
4.9	6.749	0.224274462
26.9	6.862	0.228029538
7.11	3.191	0.106039385
25.11	27.649	0.918797538
3.12	17.658	0.586788923
23.12	12.633	0.419804308
7.192	68.409	2.273283692
20.1	75.979	2.524840615
5.2	206.767	6.871026462
19.2	246.683	8.197465846
2.3	47.936	1.592950154
17.3	201.377	6.691912615
14.4	95.364	3.169019077
28.4	89.33	2.968504615
12.5	35.494	1.179492923
19.5	26.374	0.876428308
4.6	96.406	3.203645538
18.6	18.583	0.617527385
6.7	20.311	0.674950154
21.7	9.977	0.331543385
6.8	12.784	0.424822154

Tgl	Q (m <sup>3</sup> /dt)	Q (mm)
25.8	17.906	0.595030154
4.9	482.801	16.04384862
29.9	149.887	4.980860508
10.1	151.464	5.033265231
29.1	182.082	6.050724923
10.11	116.46	3.870055385
25.11	234.029	7.776963692
9.12	289.769	9.629246769
22.12	33.734	1.121006769
22.193	285.407	9.484294154
16.2	71.078	2.361976615
26.2	49.189	1.634588308
11.3	158.813	5.277478154
13.4	144.223	4.792641231
22.4	209.995	6.978295385
10.5	36.876	1.225417846
26.5	27.603	0.917268923
10.6	27.094	0.900354462
28.6	34.861	1.158457846
14.7	3.311	0.110027077
10.3.94	156.206	5.190845538
23.3	298.765	9.928190769
8.4	54.17	1.800110769
10.5	10.113	0.336062769
10.6	4.959	0.164791385
10.1	87.376	2.903571692
1.11	102.108	3.393127385
1.12	107.912	3.585998769

TABEL 6.4 REGRESI LINEAIR R & Q

No.	X (R)	Y (Q)	X <sup>2</sup> Y	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	11.371	1.510	17.167	129.300	2.279
2	2.304	0.674	1.554	5.308	0.455
3	0.079	0.208	0.016	0.006	0.043
4	0.137	0.189	0.026	0.019	0.036
5	0.308	0.222	0.068	0.095	0.049
6	0.130	0.224	0.029	0.017	0.050
7	0.187	0.228	0.043	0.035	0.052
8	1.587	0.106	0.168	2.519	0.011
9	5.100	0.919	4.686	26.010	0.844
10	0.528	0.587	0.310	0.279	0.344
11	5.196	0.420	2.181	26.998	0.176
12	11.336	2.273	25.770	128.505	5.168
13	12.827	2.525	32.386	164.532	6.375
14	17.931	6.871	123.204	321.521	47.211
15	9.623	8.197	76.884	92.602	67.198
16	13.907	1.593	22.153	193.405	2.537
17	24.299	6.692	162.607	590.441	44.782
18	26.348	3.169	83.497	694.217	10.043
19	7.365	2.969	21.863	54.243	8.812
20	15.125	1.179	17.840	228.766	1.391
21	3.406	0.876	2.985	11.601	0.768
22	14.450	3.204	46.293	208.803	10.263
23	0.220	0.618	0.136	0.048	0.361
24	0.880	0.332	0.292	0.734	0.110
25	3.033	0.595	1.805	9.199	0.354
26	0.677	16.044	10.862	0.458	257.405
27	0.070	4.981	0.349	0.005	24.809
28	0.677	5.033	3.408	0.458	25.334
29	0.068	6.051	0.411	0.005	36.611
30	1.218	3.870	4.714	1.484	14.977
31	1.354	9.629	13.038	1.833	92.722
32	1.150	1.121	1.289	1.323	1.257
33	36.802	9.484	349.041	1.354.387	89.952
34	9.686	2.362	22.878	93.819	5.579
35	33.031	1.635	53.992	1.091.047	2.672
36	17.609	5.277	92.931	310.077	27.852
37	11.341	4.793	54.353	128.618	22.969
38	17.260	6.978	120.445	297.908	48.697
39	11.286	1.225	13.830	127.374	1.502
40	0.590	0.917	0.541	0.348	0.841
41	9.758	0.900	8.786	95.219	0.811
42	2.446	1.158	2.834	5.983	1.342
43	3.946	0.110	0.434	15.571	0.012
44	8.356	5.191	43.375	69.823	26.945
45	25.474	9.928	252.911	648.925	98.569
46	11.830	1.800	21.295	139.949	3.240
47	4.005	0.336	1.346	16.040	0.113
48	1.610	0.165	0.265	2.592	0.027
49	9.771	2.904	28.371	95.472	8.431
50	6.398	3.393	21.709	40.934	11.513
51	11.241	3.586	40.310	126.360	12.859
Jumlah			1.809.681	7.555.253	1.026.776
		425.331	155.252	66.033.429	180.906.460
					24.103.140

Dari tabel tersebut diperoleh harga-harga sebagai berikut :

$$\Sigma X = 425.3310 \quad \Sigma Y = 155.252$$

$$\Sigma(XY) = 1,809.681 \quad (\Sigma X) * (\Sigma Y) = 66,033.429$$

$$\Sigma(X^2) = 7,555.2532 \quad \Sigma(Y^2) = 1,026.776$$

$$(\Sigma X)^2 = 180,906.4596 \quad (\Sigma Y)^2 = 24,103.140$$

Selanjutnya dicari harga  $r$ ,  $a$ , dan  $b$ .

Untuk mencari harga  $r$  digunakan perumusan seperti dibawah ini, kemudian dimasukkan harga-harga X dan Y.

$$r^2 = \frac{[n \cdot \Sigma(X \cdot Y) - \Sigma X \cdot \Sigma Y]^2}{[n \cdot \Sigma(X^2) - (\Sigma X)^2][n \cdot \Sigma(Y^2) - (\Sigma Y)^2]}$$

$$r^2 = \frac{[51(1809.681) - (66033.429)]^2}{[51(7555.2532) - 180906.4596][51(1026.776) - 24103.140]}$$

$$r = \sqrt{0.1193619}$$

$$r = 0.345488$$

Dengan nilai  $r = 0.345488$ , menunjukkan bahwa antara R dan Q tidak terjadi hubungan yang erat.

$$b = \frac{n \cdot \sum (X \cdot Y) - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum (X^2) - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{51(1809.681) - (66033.429)}{51(7555.2532) - (180906.4596)}$$

$$b = 0.128465$$

$$a = \frac{\sum Y - b \cdot \sum X}{n}$$

$$a = \frac{155.252 - (0.264466)(425.3310)}{51}$$

$$a = 1.972762$$

Setelah didapatkan harga r,a, dan b; maka a dan b dimasukkan dalam persamaan  $Y = a + bX$  dimana X adalah data hujan bulanan rata-rata dan Y adalah nilai pendekatan yang diperoleh untuk debit bulanan rata-rata.

Untuk bulan Januari 1980 harga hujan bulanan adalah : 300.5 mm. Sehingga perhitungan menjadi :

$$a = 1.972762$$

$$b = 0.128465$$

$$X = 300.5 \text{ mm}$$

$$Y = 1.972762 + 0.128465 * 300.5 \\ = 40.577 \text{ mm}$$

Perhitungan selanjutnya disusun dalam bentuk tabel. Lihat *tabel 6.4a s/d 6.4o Hasil Regresi Lineair tahun 1980 sampai tahun 1994.*

#### 6.4 PERHITUNGAN DEBIT dan VOLUME ANDALAN

Untuk menentukan debit andalan pada Saluran Parit Agung, dibuat rata-rata bulanan dari keseluruhan data debit selama limabelas tahun. Setelah mengetahui debit andalannya maka dihitung besar volume yang dapat diperoleh selama duapuluhan empat jam dengan debit tersebut. Volume ini harus sama dengan atau lebih kecil dari jumlah air yang bisa ditampung di Saluran Parit Agung. Besar volume ini disebut sebagai *Volume Andalan*.

Untuk mendapatkan volume tersebut maka debit dikalikan dengan waktu dalam detik. Sehingga perhitungan menjadi:

$$\text{Vol.} = Q * t$$

dimana :

$$Q = \text{debit } (\text{m}^3/\text{dt})$$

$$t = \text{waktu } (\text{detik})$$



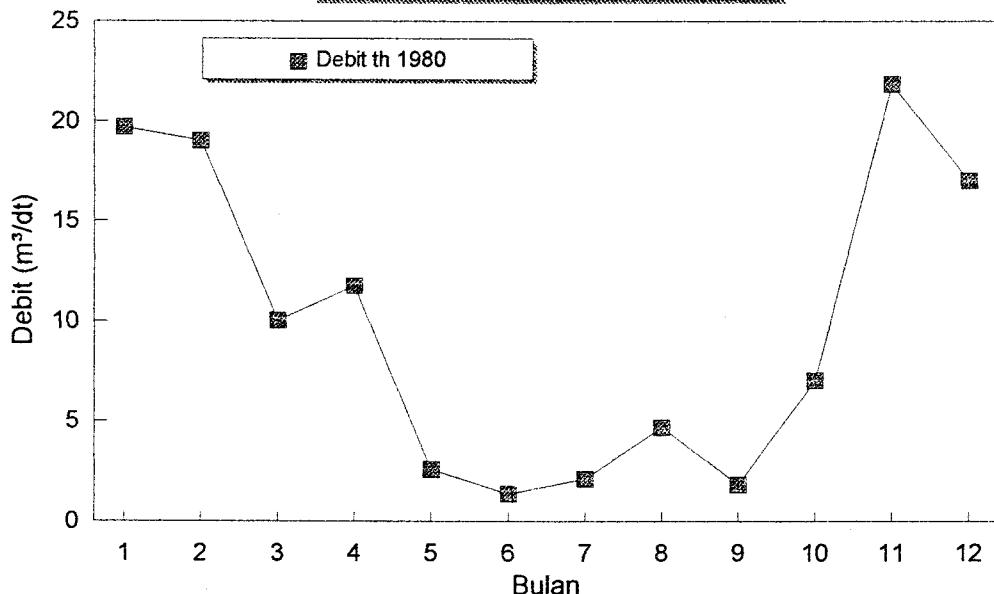




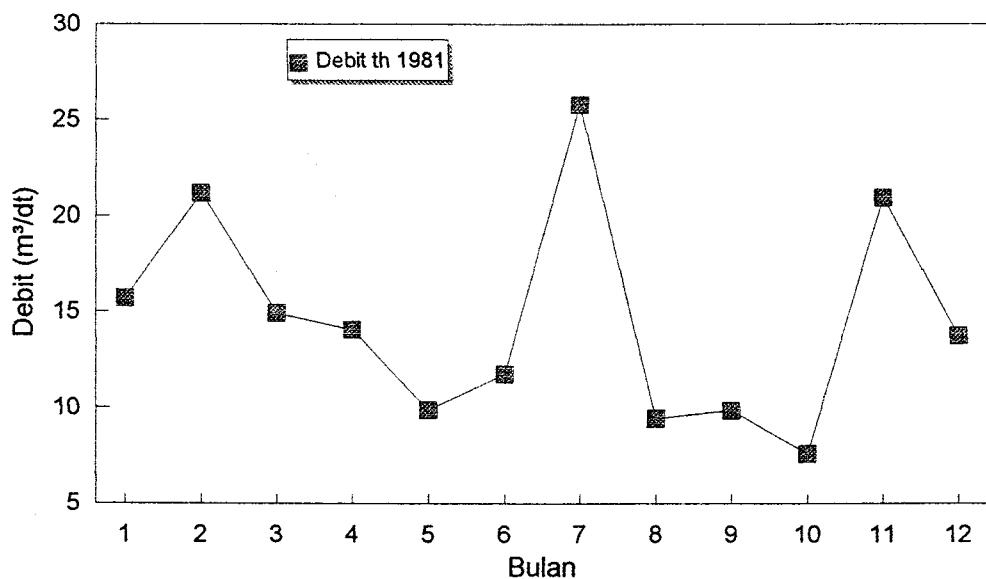




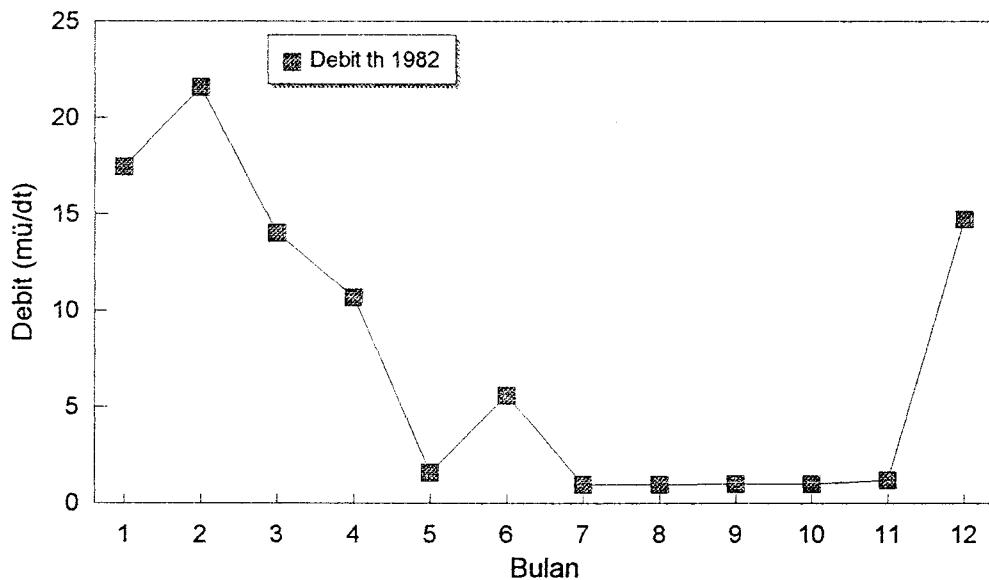
Gambar 6.3.a.  
Hidrograph aliran Parit Agung th 1980



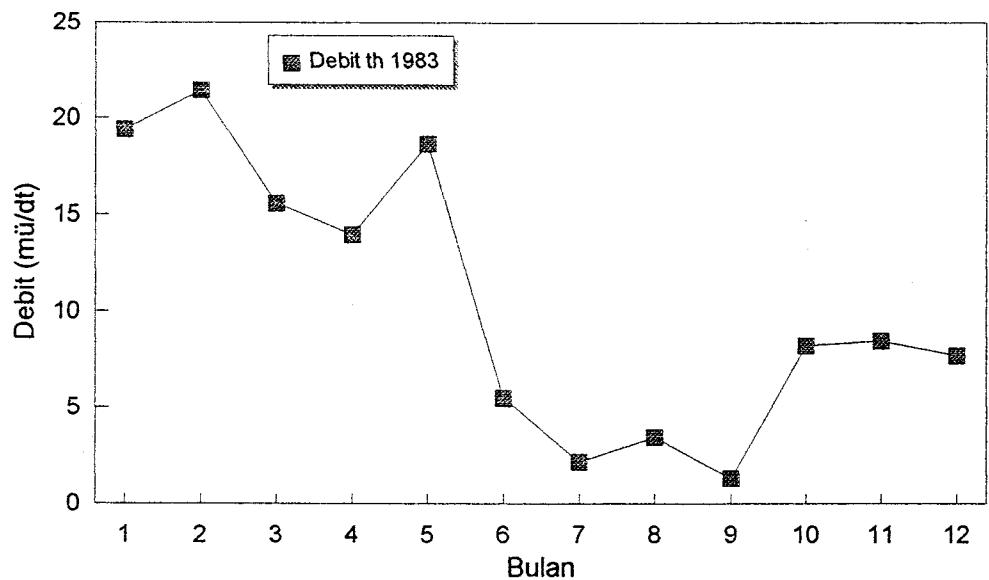
Gambar 6.3.b.  
Hidrograph Aliran Parit Agung th 1981



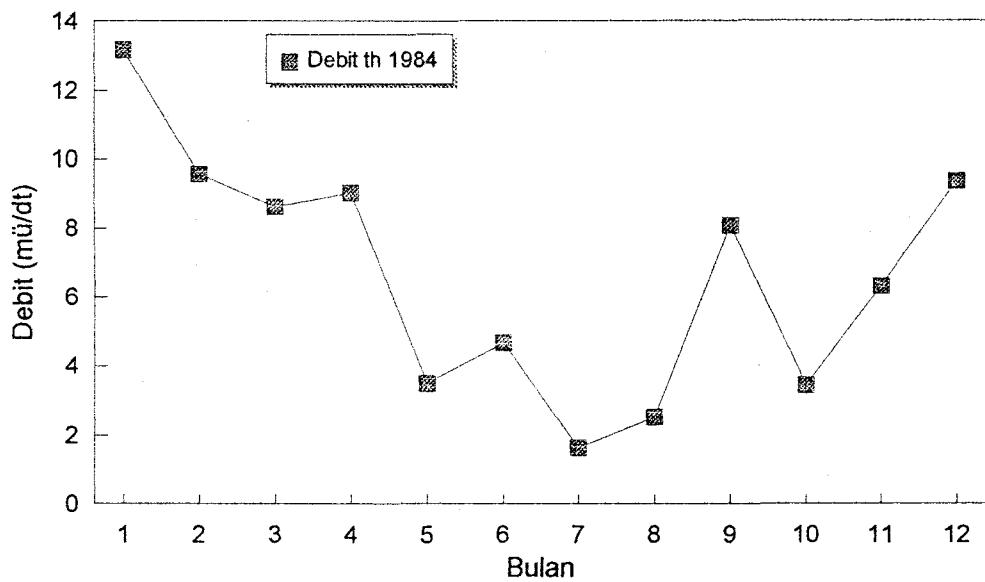
**Gambar 6.3.c.**  
**Hidrograph Aliran Parit Agung th 1982**



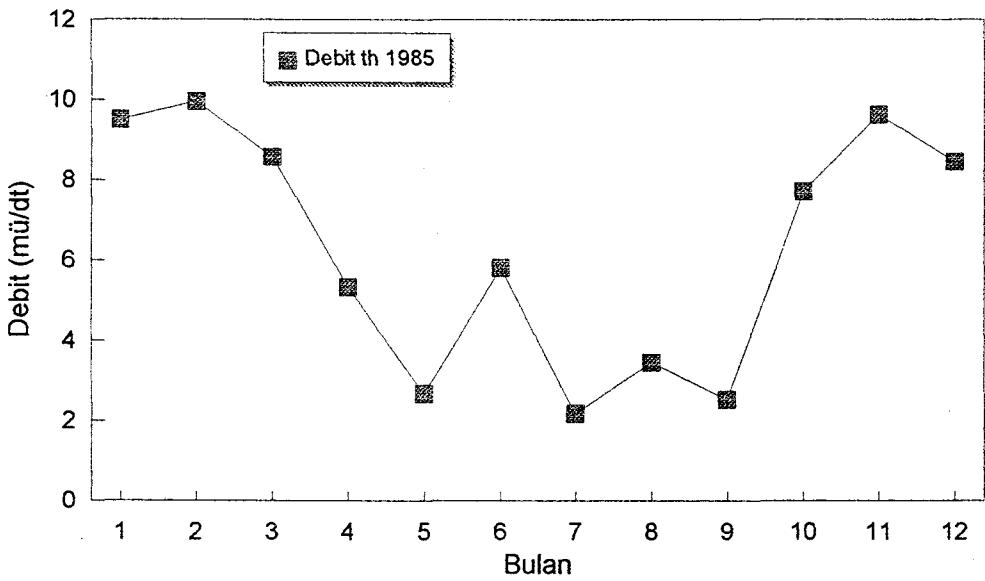
**Gambar 6.3.d.**  
**Hidrograph Aliran Parit Agung th 1983**



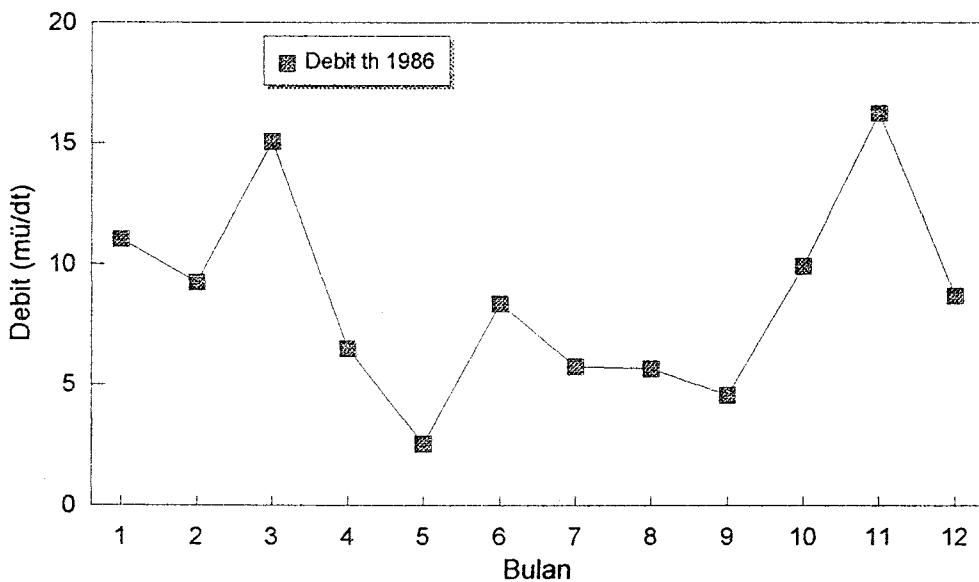
Gambar 6.3.e.  
Hidrograph Aliran Parit Agung th 1984



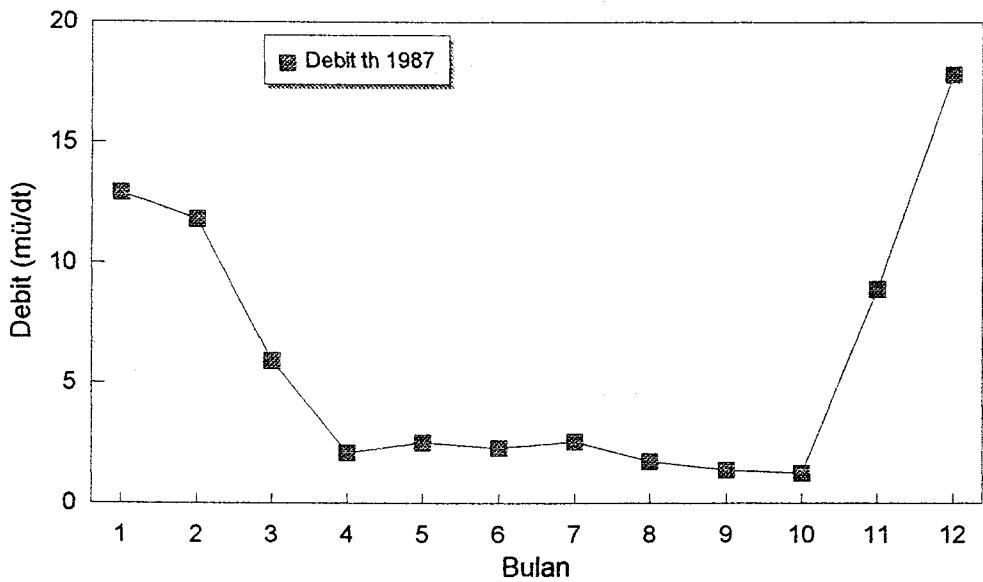
Gambar 6.3.f.  
Hidrograph Aliran Parit Agung th 1985



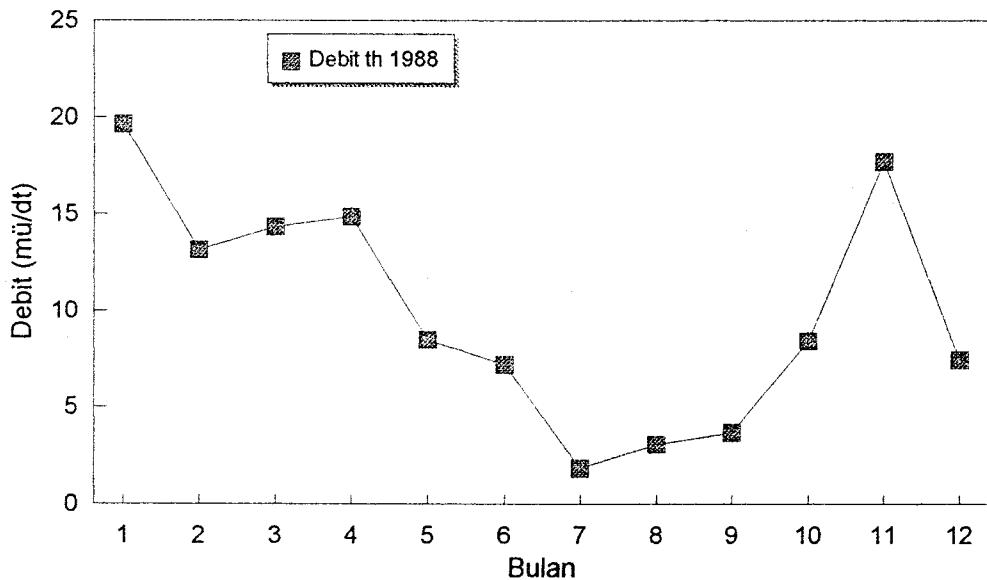
Gambar 6.3.g.  
Hidrograph Aliran Parit Agung th 1986



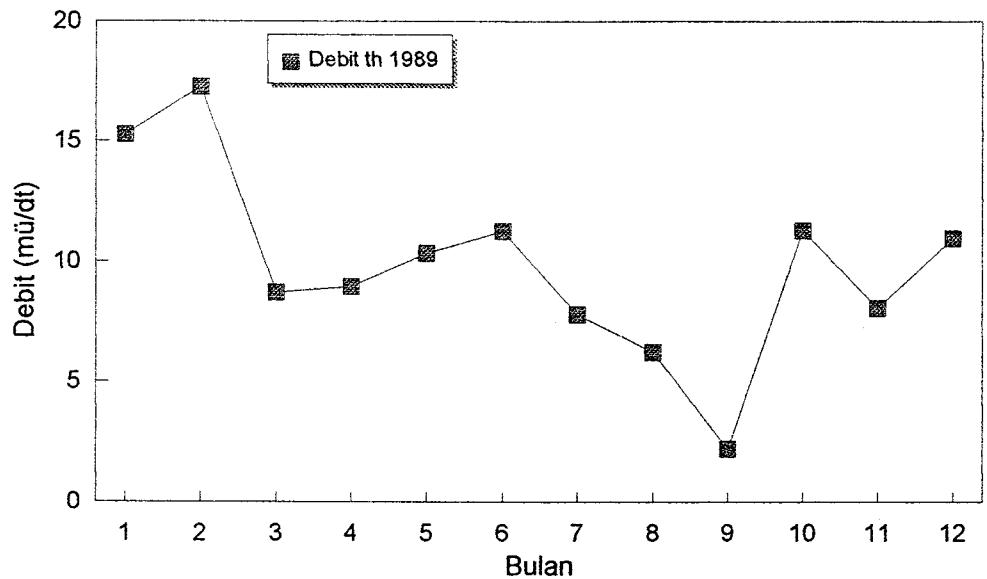
Gambar 6.3.h.  
Hidrograph Aliran Parit Agung th 1987



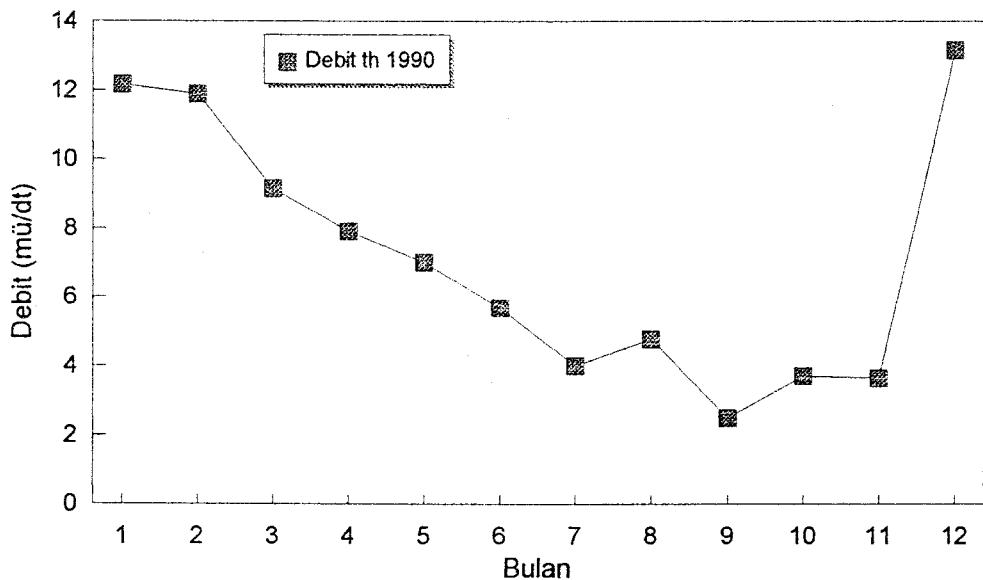
Gambar 6.3.i.  
Hidrograph Aliran Parit Agung th 1988



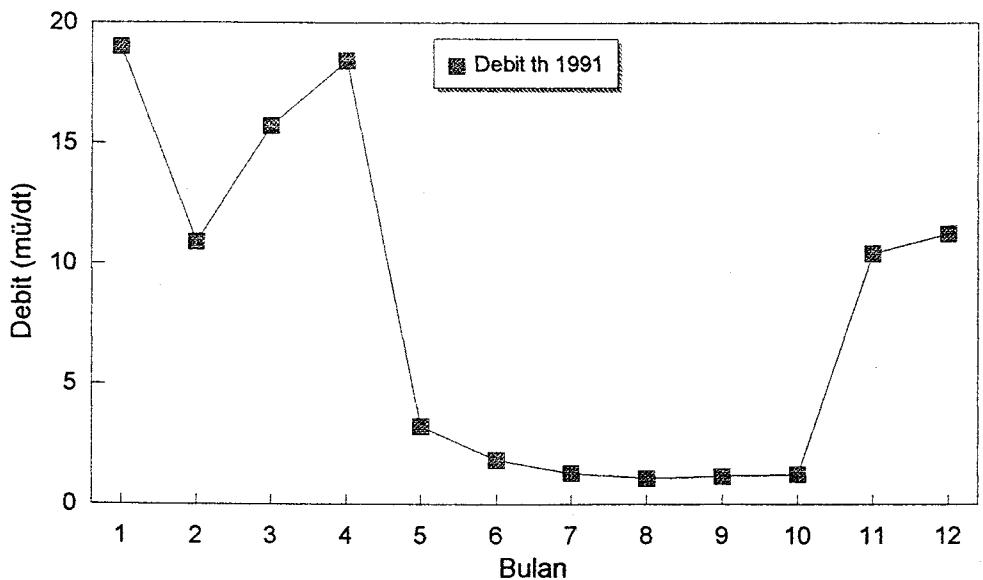
Gambar 6.3.j.  
Hidrograph Aliran Parit Agung th 1989



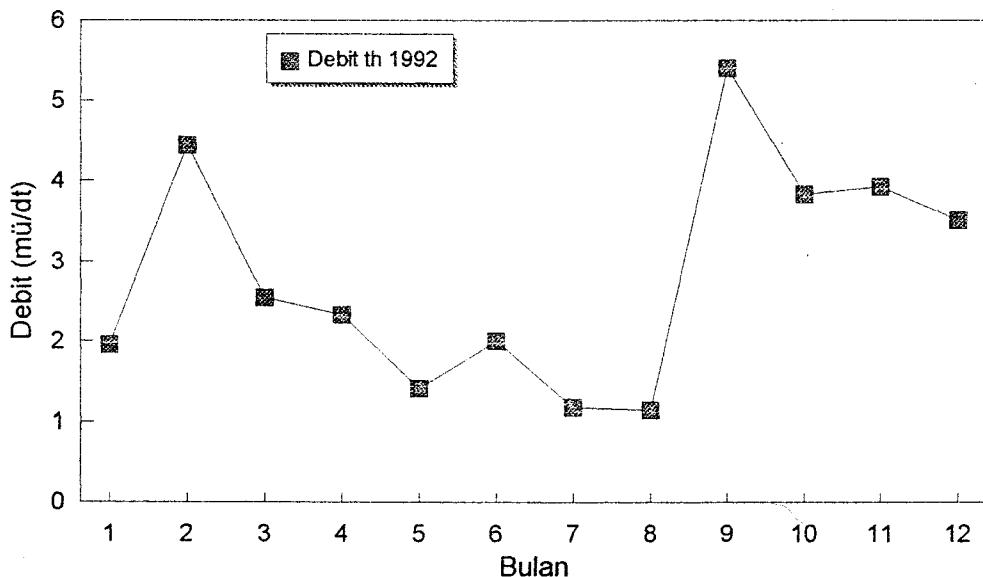
**Gambar 6.3.k.**  
**Hidrograph Aliran Parit Agung th 1990**



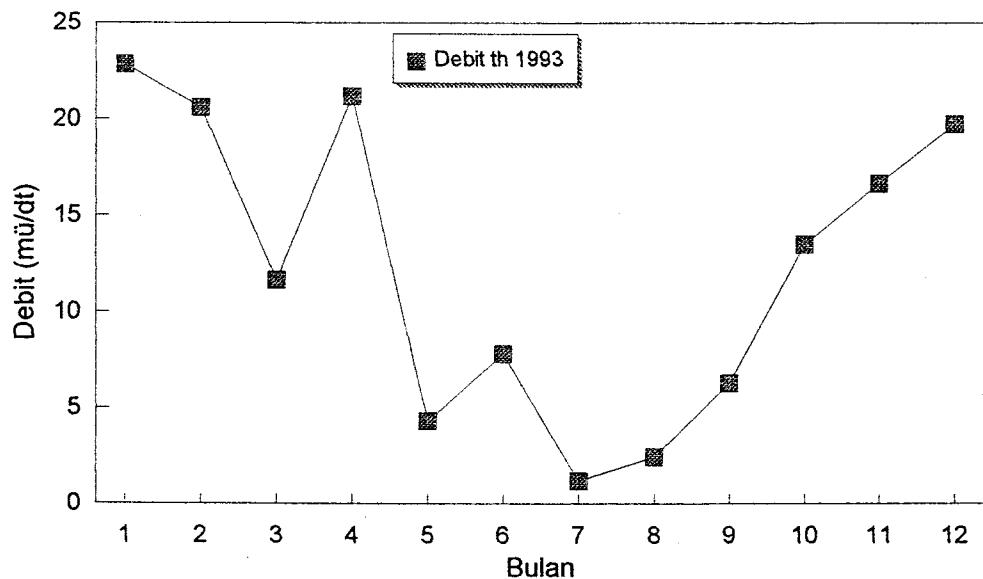
**Gambar 6.3.l.**  
**Hidrograph Aliran Parit Agung th 1991**



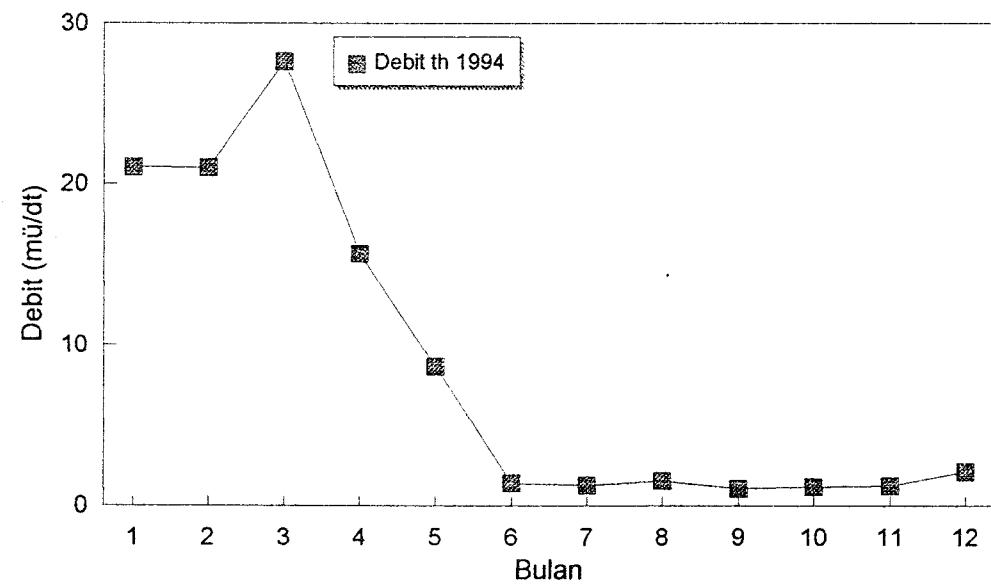
Gambar 6.3.m.  
Hidrograph Aliran Parit Agung th 1992



Gambar 6.3.n.  
Hidrograph Aliran Parit Agung th 1993

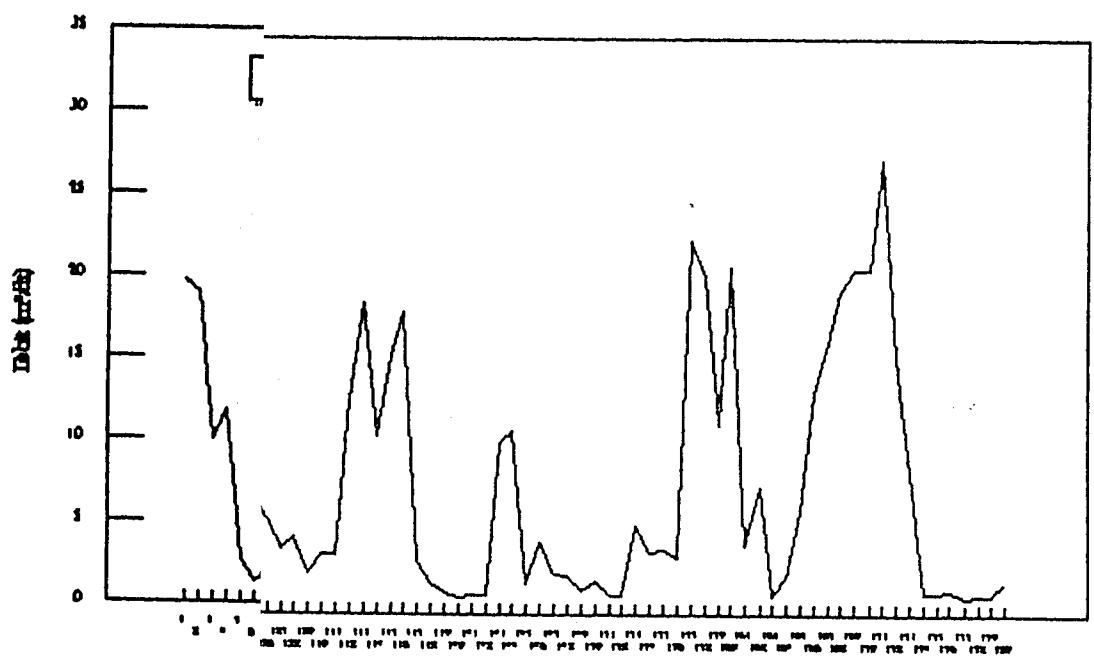


Gambar 6.3.o.  
Hidrograph Aliran Parit Agung th 1994



Tabel 6.5 Hasil Regresi Debit Bulanan rata-rata tahun 1980 s/d 1994

No.	Bulan	Q (m³/dt)													Q rata-rata (m³/dt)		
		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993		
1	Januari	19.69	15.70	17.45	19.39	13.15	9.51	11.01	12.90	19.64	15.27	12.17	18.98	1.96	22.82	21.02	15.38
2	Pebruari	19.01	21.17	21.58	21.42	9.55	9.95	9.24	11.78	13.14	17.25	11.88	10.89	4.44	20.58	21.00	14.86
3	Maret	10.03	14.92	14.02	15.55	8.60	8.56	15.06	5.93	14.32	8.71	9.14	15.69	2.54	11.63	27.61	12.15
4	April	11.74	14.05	10.68	13.92	9.00	5.32	6.49	2.10	14.86	8.97	7.90	18.42	2.33	21.14	15.66	10.84
5	Mei	2.58	9.87	1.59	18.65	3.48	2.65	2.55	2.52	8.45	10.35	7.00	3.23	1.41	4.30	8.65	5.82
6	Juni	1.38	11.74	5.58	5.48	4.66	5.80	8.35	2.30	7.18	11.25	5.67	1.85	2.00	7.81	1.39	5.50
7	Juli	2.12	25.78	0.98	2.16	1.62	2.19	5.75	2.56	1.85	7.80	4.00	1.29	1.18	1.17	1.27	4.11
8	Agustus	4.67	9.41	0.98	3.46	2.51	3.45	5.67	1.73	3.07	6.24	4.77	1.07	1.14	2.42	1.52	3.48
9	September	1.84	9.84	1.00	1.31	8.05	2.52	4.55	1.37	3.68	2.20	2.49	1.15	5.41	6.28	1.06	3.52
10	Oktober	7.02	7.59	1.00	8.21	3.43	7.71	9.91	1.25	8.40	11.30	3.70	1.24	3.83	13.48	1.16	5.95
11	Nopember	21.84	20.94	1.20	8.46	6.30	9.62	16.24	8.92	17.70	8.07	3.64	10.38	3.92	16.64	1.23	10.34
12	Desember	17.02	13.74	14.76	7.68	9.35	8.44	8.68	17.82	7.44	10.97	13.15	11.21	3.52	19.71	2.10	11.04



untuk tampungan selama satu jam, besar volume adalah :

$$\text{Vol.} = Q * 3600$$

untuk tampungan selama satu hari (=24 jam) sebesar :

$$\text{Vol.} = Q * 24 * 3600$$

Perhitungan selanjutnya disusun dalam *tabel 6.7 Volume Andalan*.

## 6.5 ANALISA TAMPUNGAN SALURAN PARIT AGUNG

Saluran Parit Agung selain sebagai saluran utama dari sistem drainage Tulungagung Selatan, juga digunakan sebagai tampungan bagi PLTA Tulungagung. Fungsi saluran tersebut sebagai tampungan harus disesuaikan dengan fungsinya sebagai saluran drainage, sehingga fungsi utamanya tetap terjaga dan dapat berjalan dengan baik. Untuk itu perlu dihitung besar kapasitas tampungan Saluran Parit Agung. Perhitungan Kapasitas Tampungan dapat dilihat pada tabel 6.8. Perhitungan ini didasarkan atas profil memanjang saluran yang dapat dilihat pada gambar 6.5. Dari tabel dan gambar tersebut tampak bahwa kapasitas max tergantung dari elevasi max yang diijinkan yaitu pada elevasi +79 m.

TABEL 6.6

## Debit Andalan PLTA Tulungagung

Bulan	Jumlah hari	Q Andalan m³/dt	Volume m³
1	2	6	7
Januari	31	15.380	41,193,792.00
Pebruari	28	14.860	35,949,312.00
Maret	31	12.150	32,542,560.00
April	30	10.840	28,097,280.00
Mei	31	5.820	15,588,288.00
Juni	30	5.500	14,256,000.00
Juli	31	4.110	11,008,224.00
Agustus	31	3.480	9,320,832.00
September	30	3.520	9,123,840.00
Oktober	31	5.950	15,936,480.00
Nopember	30	10.340	26,801,280.00
Desember	31	11.040	29,569,536.00

Tabel 6.7.a Volume Andalan Bulan Mei

Jam	Q Andalan m <sup>3</sup> /dt	Volume m <sup>3</sup>	V kumulatif m <sup>3</sup>
1	5.82	20,952.00	20,952.00
2	5.82	20,952.00	41,904.00
3	5.82	20,952.00	62,856.00
4	5.82	20,952.00	83,808.00
5	5.82	20,952.00	104,760.00
6	5.82	20,952.00	125,712.00
7	5.82	20,952.00	146,664.00
8	5.82	20,952.00	167,616.00
9	5.82	20,952.00	188,568.00
10	5.82	20,952.00	209,520.00
11	5.82	20,952.00	230,472.00
12	5.82	20,952.00	251,424.00
13	5.82	20,952.00	272,376.00
14	5.82	20,952.00	293,328.00
15	5.82	20,952.00	314,280.00
16	5.82	20,952.00	335,232.00
17	5.82	20,952.00	356,184.00
18	5.82	20,952.00	377,136.00
19	5.82	20,952.00	398,088.00
20	5.82	20,952.00	419,040.00
21	5.82	20,952.00	439,992.00
22	5.82	20,952.00	460,944.00
23	5.82	20,952.00	481,896.00
24	5.82	20,952.00	502,848.00

Tabel 6.7.b Volume Andalan Bulan Juni

Jam	Q Andalan m <sup>3</sup> /dt	Volume m <sup>3</sup>	V kumulatif m <sup>3</sup>
1	5.50	19,800.00	19,800.00
2	5.50	19,800.00	39,600.00
3	5.50	19,800.00	59,400.00
4	5.50	19,800.00	79,200.00
5	5.50	19,800.00	99,000.00
6	5.50	19,800.00	118,800.00
7	5.50	19,800.00	138,600.00
8	5.50	19,800.00	158,400.00
9	5.50	19,800.00	178,200.00
10	5.50	19,800.00	198,000.00
11	5.50	19,800.00	217,800.00
12	5.50	19,800.00	237,600.00
13	5.50	19,800.00	257,400.00
14	5.50	19,800.00	277,200.00
15	5.50	19,800.00	297,000.00
16	5.50	19,800.00	316,800.00
17	5.50	19,800.00	336,600.00
18	5.50	19,800.00	356,400.00
19	5.50	19,800.00	376,200.00
20	5.50	19,800.00	396,000.00
21	5.50	19,800.00	415,800.00
22	5.50	19,800.00	435,600.00
23	5.50	19,800.00	455,400.00
24	5.50	19,800.00	475,200.00

Tabel 6.7.c Volume Andalan Bulan Juli

Tabel 6.7.d Volume Andalan Bulan Agustus

Jam	Q Andalan m³/dt	Volume m³	V kumulatif m³
1	4.11	14,796.00	14,796.00
2	4.11	14,796.00	29,592.00
3	4.11	14,796.00	44,388.00
4	4.11	14,796.00	59,184.00
5	4.11	14,796.00	73,980.00
6	4.11	14,796.00	88,776.00
7	4.11	14,796.00	103,572.00
8	4.11	14,796.00	118,368.00
9	4.11	14,796.00	133,164.00
10	4.11	14,796.00	147,960.00
11	4.11	14,796.00	162,756.00
12	4.11	14,796.00	177,552.00
13	4.11	14,796.00	192,348.00
14	4.11	14,796.00	207,144.00
15	4.11	14,796.00	221,940.00
16	4.11	14,796.00	236,736.00
17	4.11	14,796.00	251,532.00
18	4.11	14,796.00	266,328.00
19	4.11	14,796.00	281,124.00
20	4.11	14,796.00	295,920.00
21	4.11	14,796.00	310,716.00
22	4.11	14,796.00	325,512.00
23	4.11	14,796.00	340,308.00
24	4.11	14,796.00	355,104.00

Jam	Q Andalan m³/dt	Volume m³	V kumulatif m³
1	3.48	12,528.00	12,528.00
2	3.48	12,528.00	25,056.00
3	3.48	12,528.00	37,584.00
4	3.48	12,528.00	50,112.00
5	3.48	12,528.00	62,640.00
6	3.48	12,528.00	75,168.00
7	3.48	12,528.00	87,696.00
8	3.48	12,528.00	100,224.00
9	3.48	12,528.00	112,752.00
10	3.48	12,528.00	125,280.00
11	3.48	12,528.00	137,808.00
12	3.48	12,528.00	150,336.00
13	3.48	12,528.00	162,864.00
14	3.48	12,528.00	175,392.00
15	3.48	12,528.00	187,920.00
16	3.48	12,528.00	200,448.00
17	3.48	12,528.00	212,976.00
18	3.48	12,528.00	225,504.00
19	3.48	12,528.00	238,032.00
20	3.48	12,528.00	250,560.00
21	3.48	12,528.00	263,088.00
22	3.48	12,528.00	275,616.00
23	3.48	12,528.00	288,144.00
24	3.48	12,528.00	300,672.00

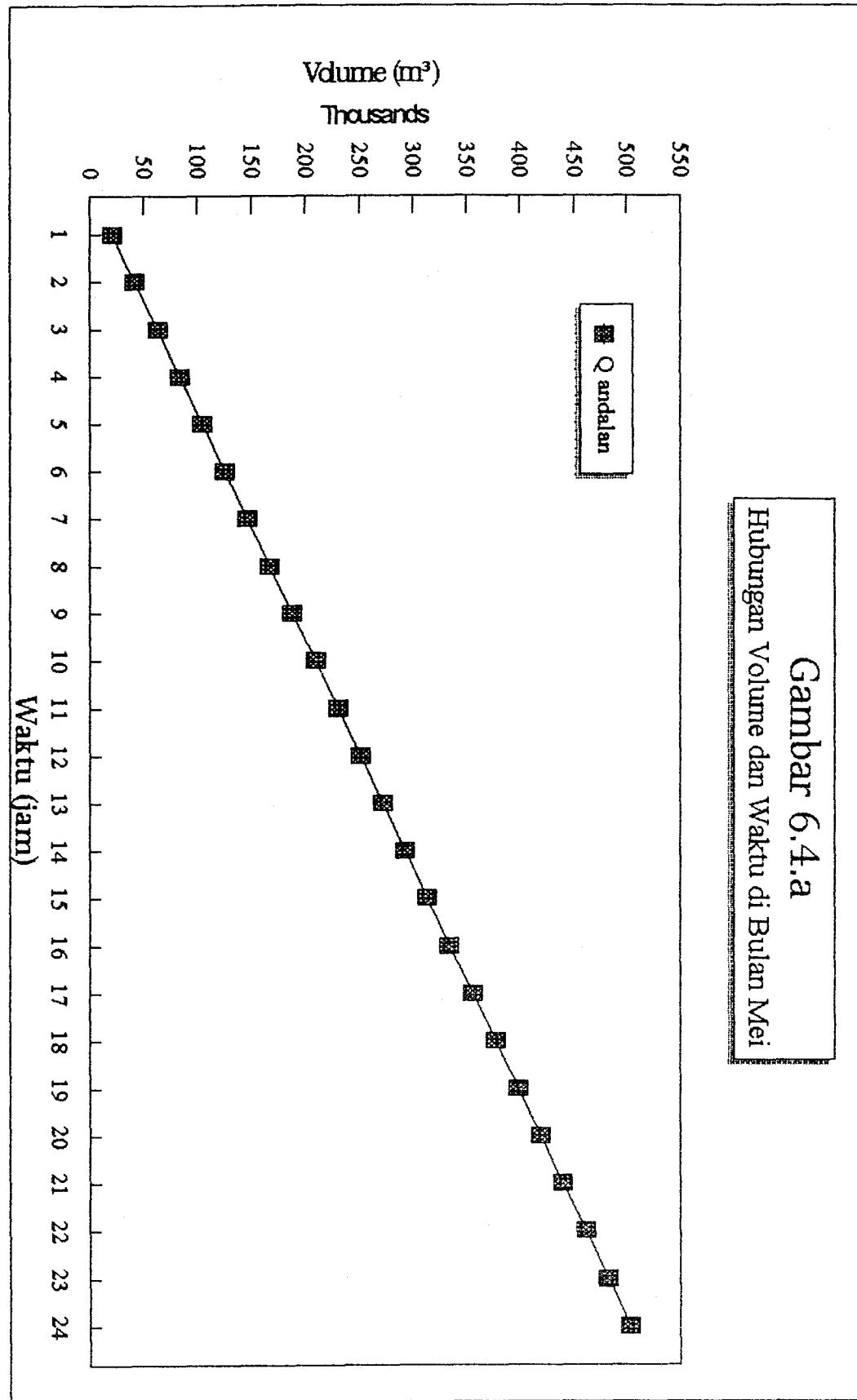
Tabel 6.7.e Volume Andalan Bulan September

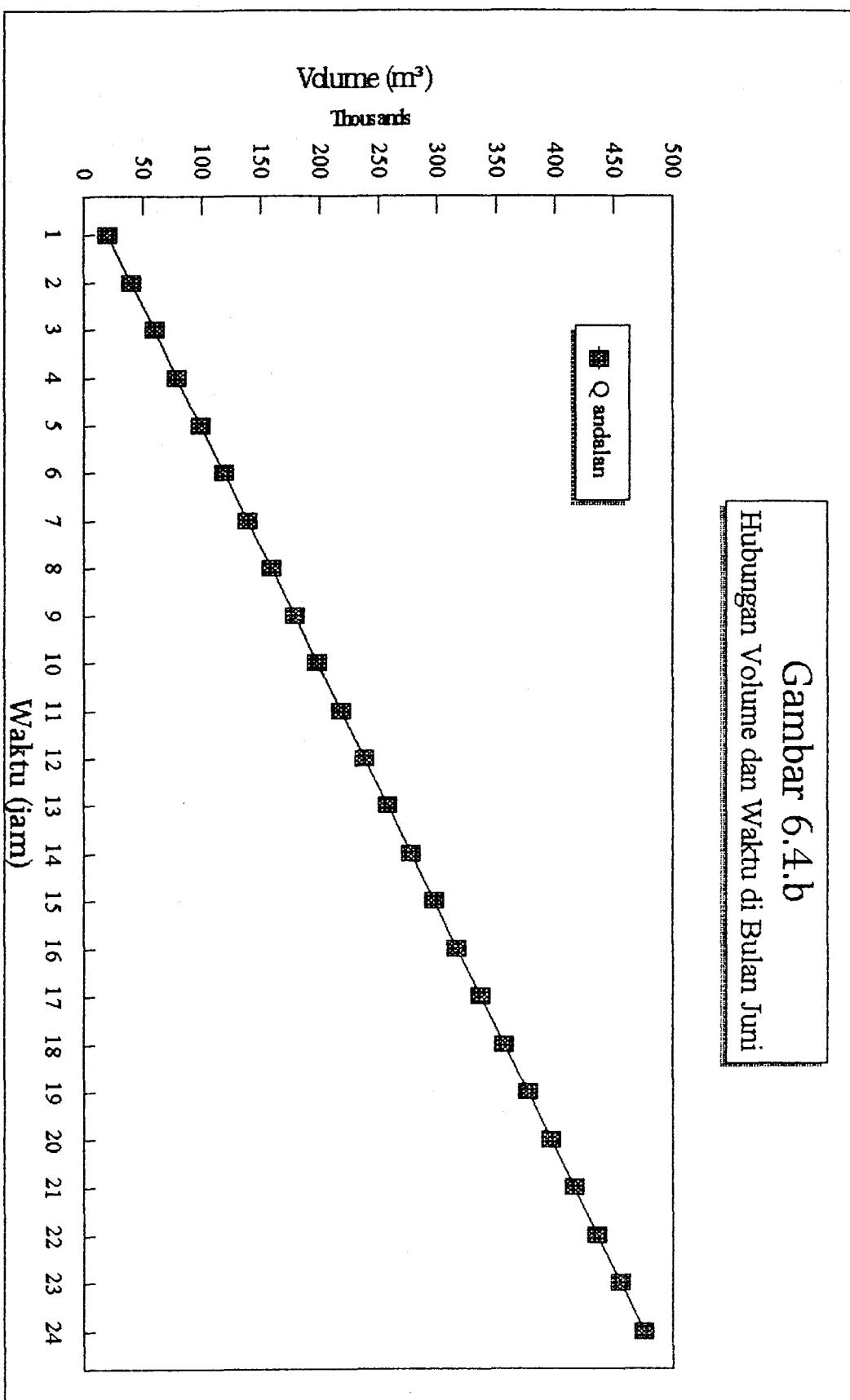
Tabel 6.7.f Volume Andalan Bulan Oktober

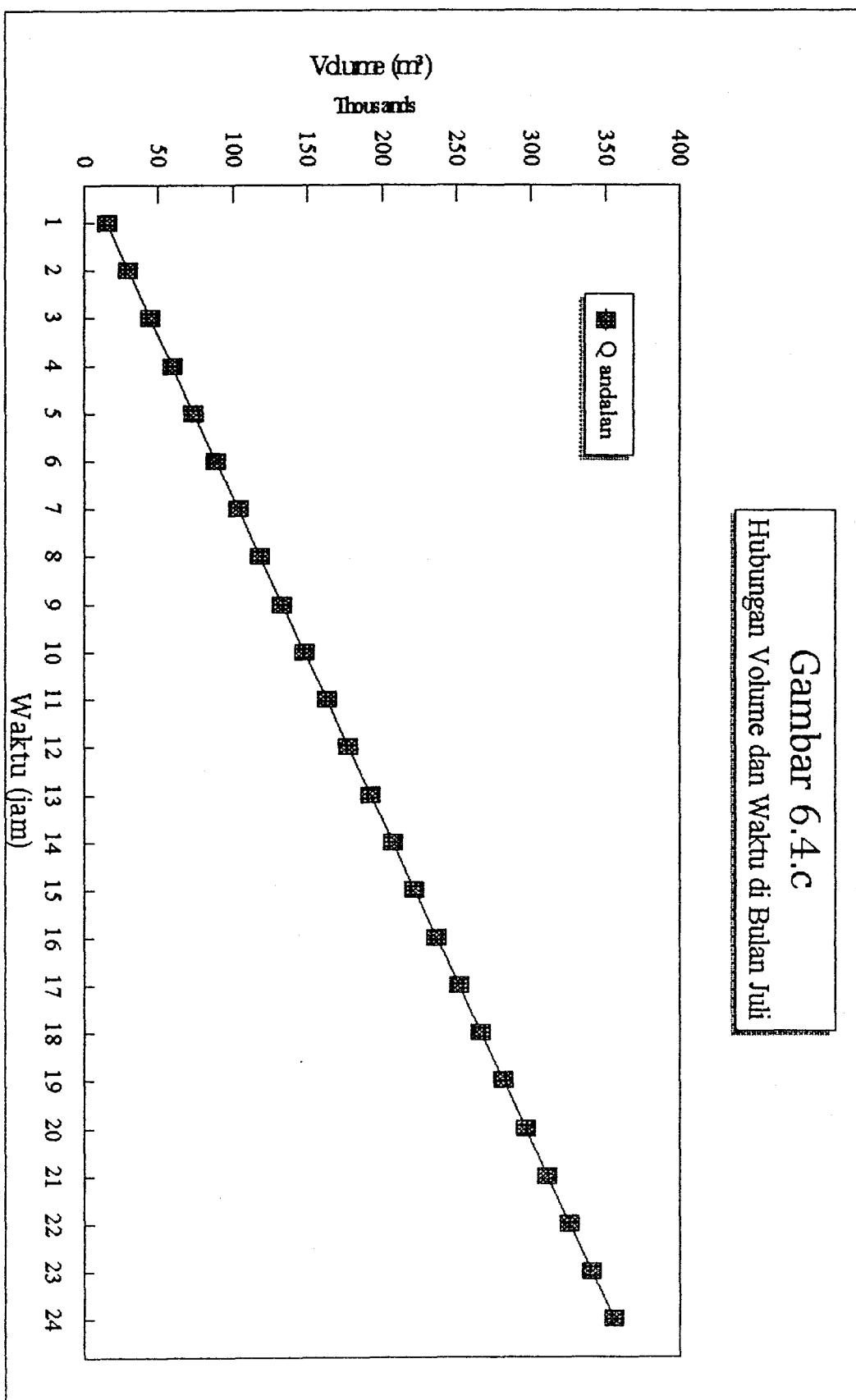
Jam	Q Andalan m³/dt	Volume m³	V kumulatif m³
1	3,52	12,672.00	12,672.00
2	3,52	12,672.00	25,344.00
3	3,52	12,672.00	38,016.00
4	3,52	12,672.00	50,688.00
5	3,52	12,672.00	63,360.00
6	3,52	12,672.00	76,032.00
7	3,52	12,672.00	88,704.00
8	3,52	12,672.00	101,376.00
9	3,52	12,672.00	114,048.00
10	3,52	12,672.00	126,720.00
11	3,52	12,672.00	139,392.00
12	3,52	12,672.00	152,064.00
13	3,52	12,672.00	164,736.00
14	3,52	12,672.00	177,408.00
15	3,52	12,672.00	190,080.00
16	3,52	12,672.00	202,752.00
17	3,52	12,672.00	215,424.00
18	3,52	12,672.00	228,096.00
19	3,52	12,672.00	240,768.00
20	3,52	12,672.00	253,440.00
21	3,52	12,672.00	266,112.00
22	3,52	12,672.00	278,784.00
23	3,52	12,672.00	291,456.00
24	3,52	12,672.00	304,128.00

Jam	Q Andalan m³/dt	Volume m³	V kumulatif m³
1	5,95	21,420.00	21,420.00
2	5,95	21,420.00	42,840.00
3	5,95	21,420.00	64,260.00
4	5,95	21,420.00	85,680.00
5	5,95	21,420.00	107,100.00
6	5,95	21,420.00	128,520.00
7	5,95	21,420.00	149,940.00
8	5,95	21,420.00	171,360.00
9	5,95	21,420.00	192,780.00
10	5,95	21,420.00	214,200.00
11	5,95	21,420.00	235,620.00
12	5,95	21,420.00	257,040.00
13	5,95	21,420.00	278,460.00
14	5,95	21,420.00	299,880.00
15	5,95	21,420.00	321,300.00
16	5,95	21,420.00	342,720.00
17	5,95	21,420.00	364,140.00
18	5,95	21,420.00	385,560.00
19	5,95	21,420.00	406,980.00
20	5,95	21,420.00	428,400.00
21	5,95	21,420.00	449,820.00
22	5,95	21,420.00	471,240.00
23	5,95	21,420.00	492,660.00
24	5,95	21,420.00	514,080.00

Gambar 6.4.a  
Hubungan Volume dan Waktu di Bulan Mei

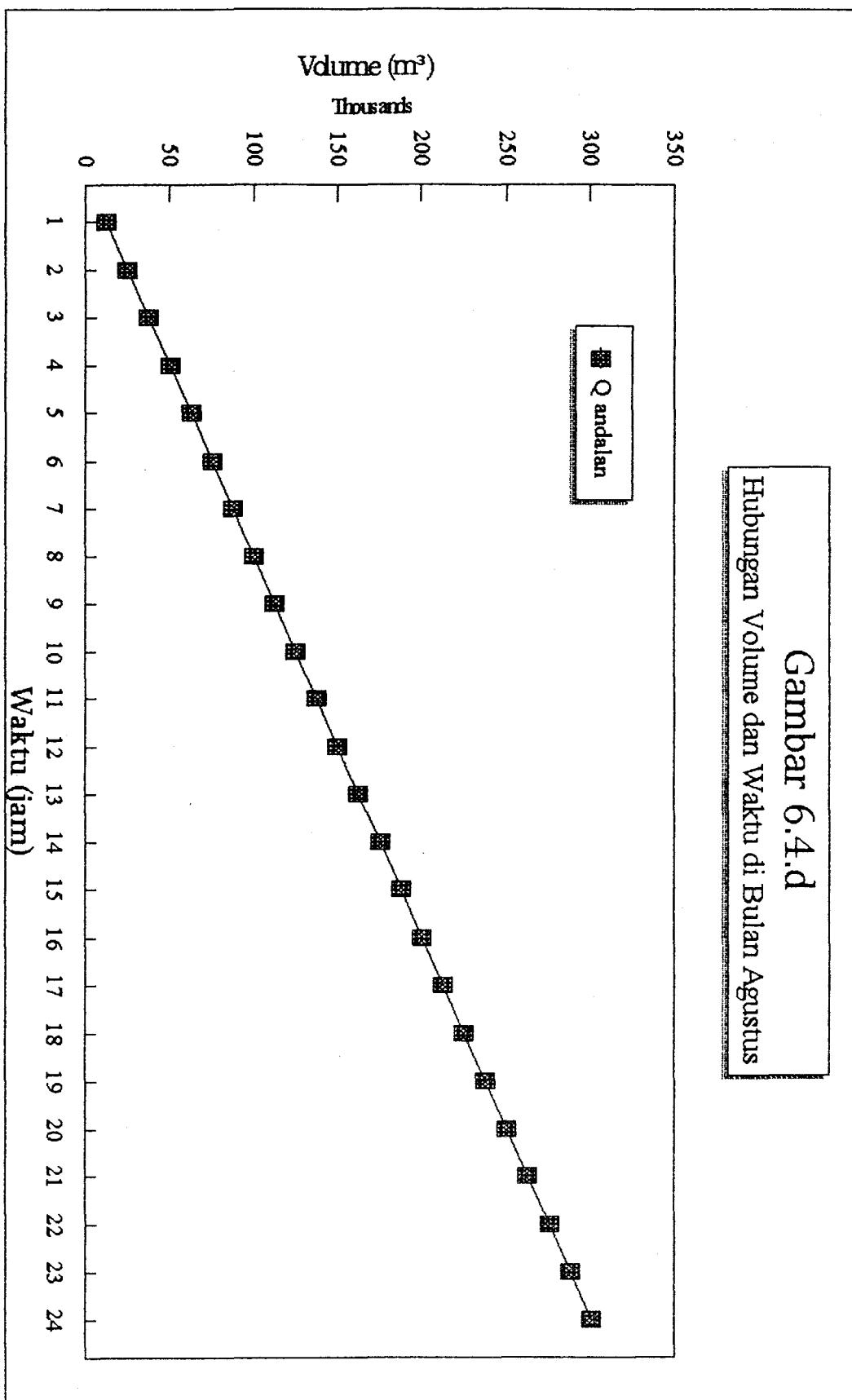




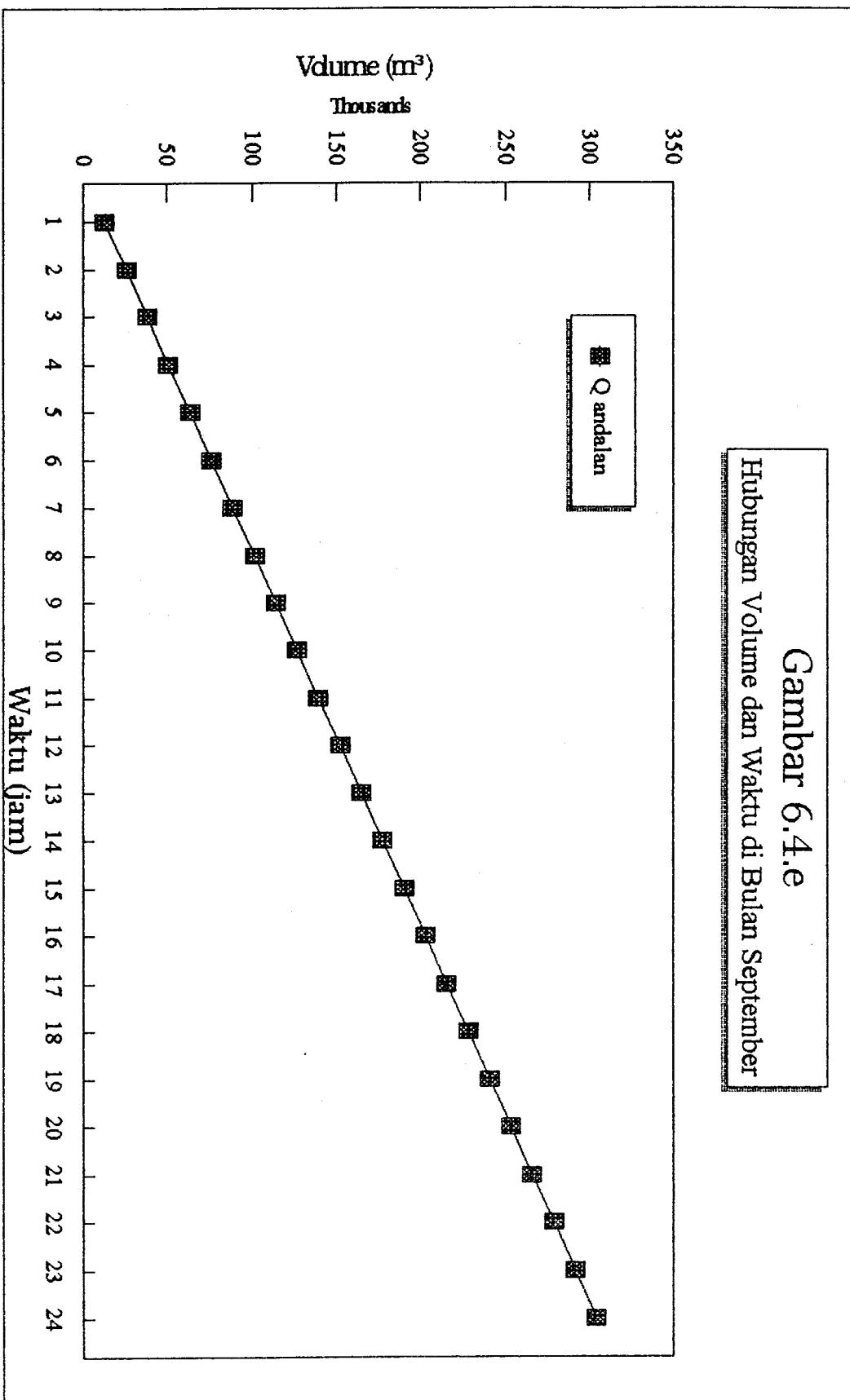


Gambar 6.4.d

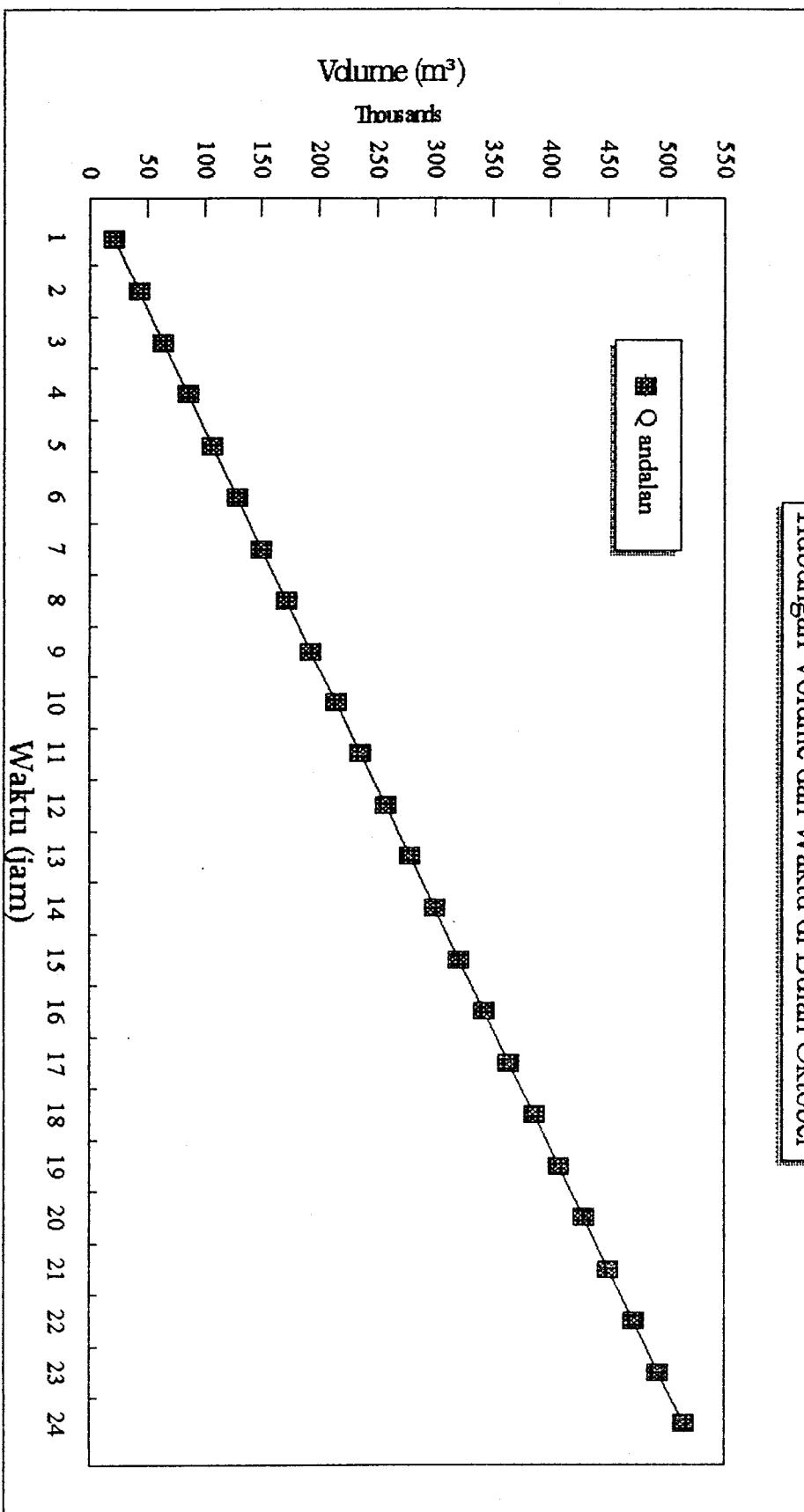
Hubungan Volume dan Waktu di Bulan Agustus



Gambar 6.4.e  
Hubungan Volume dan Waktu di Bulan September



Gambar 6.4.f  
Hubungan Volume dan Waktu di Bulan Oktober



## **6.6 DEBIT DASAR UNTUK PEMBANGKITAN (FIRM DISCHARGE)**

Debit dasar pembangkit (firm discharge) adalah aliran yang diperhitungkan dapat dilepaskan oleh waduk (untuk pengoperasian PLTA) sepanjang tahun. Debit dasar ini besarnya tergantung pada volume air yang masuk dalam tampungan dan kapasitas waduk itu sendiri.

Bila debit andalan PLTA Tulungagung Selatan dioperasikan sebagai dasar untuk pembangkit tenaga listrik berarti PLTA tidak kekurangan air walaupun waduk tidak melepas cadangan airnya. Namun debit andalan yang diperoleh relatif kecil, sedangkan keadaan topografi tidak memungkinkan waduk menampung air yang cukup besar. Mengingat tampungan/ waduk yang hendak dipakai pada PLTA Tulungagung Selatan ini merupakan saluran utama dari sistem drainage Tulungagung Selatan, sehingga volume air yang dapat ditampung sangat tergantung dari elevasi maximum yang masih diperkenankan yaitu elevasi + 79 m dan elevasi minimum + 76 m agar fungsi dari sistem drainage tetap berjalan sebagaimana yang telah direncanakan. Berdasarkan keadaan saluran Parit Agung setelah pembangunan pada elevasi di atas didapatkan volume tampungan sebesar  $4,955 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  untuk elevasi +79 dan Volume sebesar  $2,2084 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  pada elevasi +76. Sehingga Volume andalan yang dapat di pakai untuk pembangkitan adalah sebesar  $4.9555 \cdot 10^6$

yang dapat di pakai untuk pembangkitan adalah sebesar  $4.9555 \times 10^6$  dikurangi  $2.2084 \times 10^6 \text{ m}^3 = 2.747 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Lihat *gambar 6.6 Lengkung Kapasitas Parit Agung* dan *Tabel 6.8 Perhitungan Kapasitas Tampungan Saluran Parit Agung*.

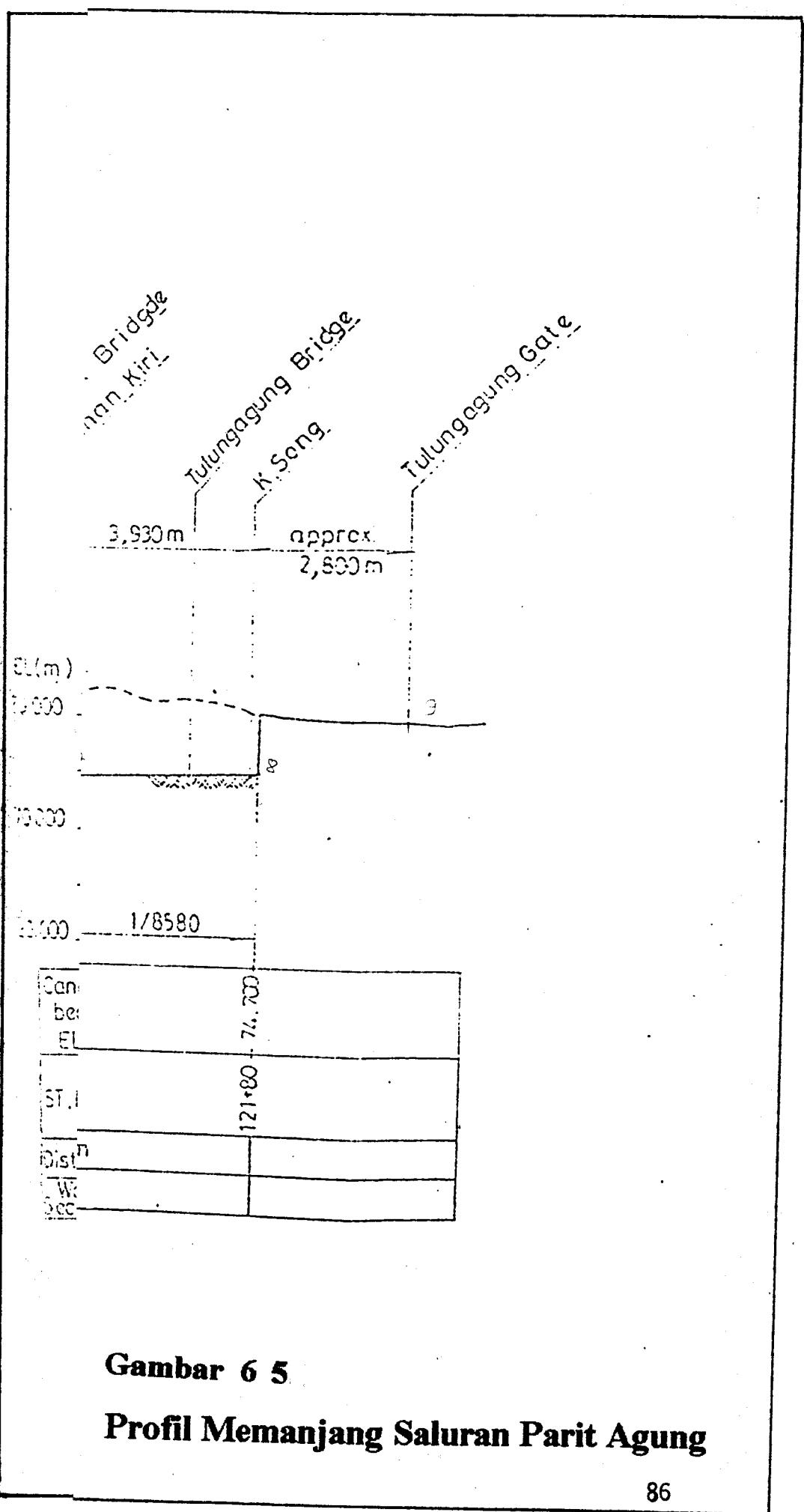
Pada awalnya direncanakan bahwa tampungan ini hanya dimanfaatkan untuk pembangkitan tenaga listrik mendukung beban puncak selama 4 (empat) jam, dengan mengandalkan satu unit turbin. Akan tetapi tidak menutup kemungkinan bila debit yang terjadi besar hingga memenuhi untuk waktu pembangkitan yang lebih lama, atau pemakaian kedua turbin sekaligus.

**Contoh Perhitungan:**

Untuk  $Q_i$  ( $Q$  inflow) =  $5.82 \text{ m}^3/\text{dt}$ , untuk bulan Mei.

Pada awalnya diasumsikan bahwa  $Q_i$  dipakai untuk menjalankan turbin selama 4 (empat) jam dalam satu hari, sehingga besarnya  $Q_o$  ( $Q$  outflow = debit dasar pembangkitan) untuk pemakaian satu turbin adalah sebagai berikut :

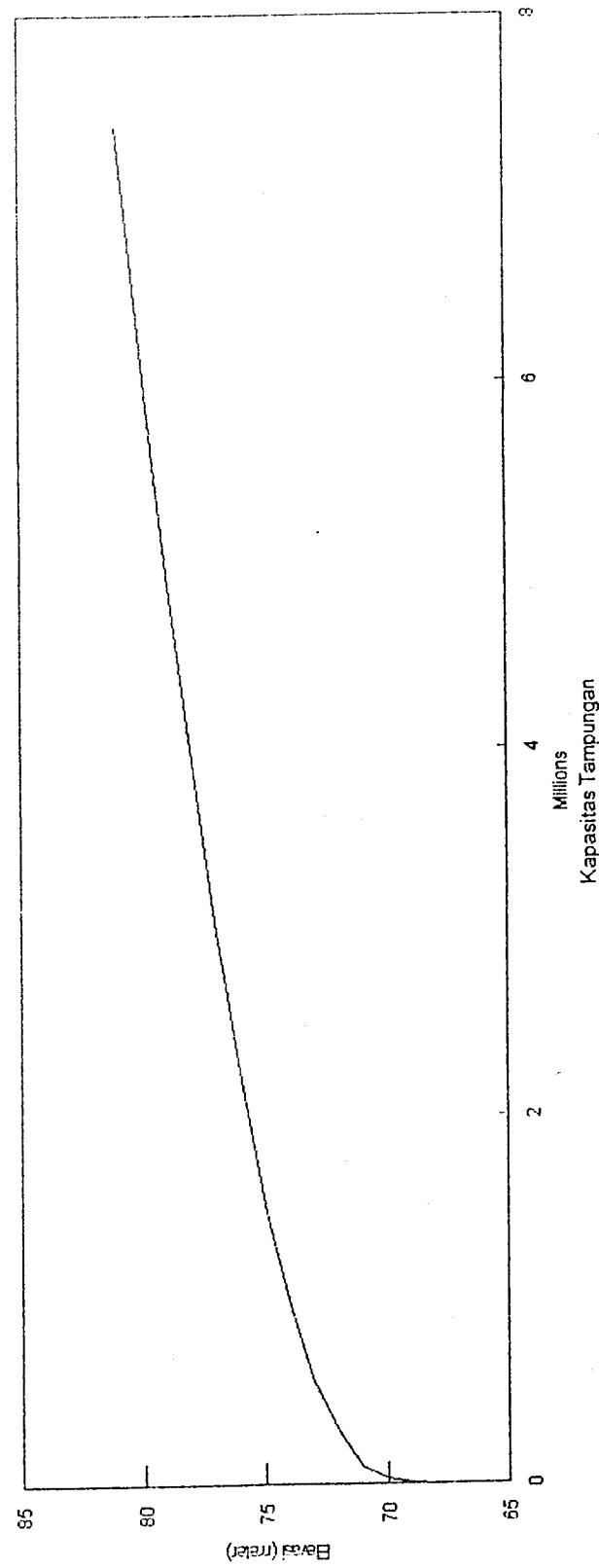
$$\begin{aligned} Q_o &= (Q_i * t_i)/t_o \\ &= (5.82 * 24)/4 \\ &= 34.92 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$



## Karit Agung

Titik/ potongan	B (m)	Berikut dalam 1000 m <sup>3</sup>						
		+ 75 m	+ 76 m	+ 77 m	+ 78 m	+ 79 m	+ 80 m	+ 81 m
1	13.2	10.361	12.057	13.81	15.621	17.489	19.414	21.397
2	10	261.167	335.211	418.068	509.737	610.22	719.515	837.622
3	10	644.417	894.793	1184.793	1512.935	1880.701	2287.597	2733.623
4	16	353.433	486.091	634.878	799.786	980.813	1177.961	1391.229
5	10	188.101	322.291	483.481	671.671	886.861	1129.051	1398.241
6	10	41.684	78.661	123.737	176.914	238.19	307.567	385.043
7	10	23.553	79.282	150.798	238.101	341.191	460.069	594.734
8	10	0	0	0	0	0	0.438	31.269
9								
<b>Jumlah</b>		<b>1522.71</b>	<b>2208.39</b>	<b>3009.07</b>	<b>3934.77</b>	<b>4955.47</b>	<b>6101.61</b>	<b>7393.16</b>

**Gambar 6.6**  
Kapasitas Tampungan Parit Agung



ternyata  $Q_o > Q_o \text{ max}$ , maka dipakai tiga alternatif pemanfaatan sebagai berikut :

1. Dijalankan 5 jam per hari, sehingga :

$$Q_o = (5.82 * 24/4)$$

$$Q_o = 27.94 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_o < Q_o \text{ max}$$

Untuk satu jam pemakaian dibutuhkan V sebesar :

$$V = 27.94 * 3600$$

$$= 100,584.00 \text{ m}^3$$

Sedangkan untuk 4 jam pemakaian dibutuhkan V sebesar :

$$V = 27.94 * 4 * 3600$$

$$= 402,336.00 \text{ m}^3$$

2. Dijalankan dengan  $Q_o = Q_o \text{ max} = 31 \text{ m}^3/\text{dt}$ , sehingga

$$t_o = (Q_i * t_i / Q_o)$$

$$t_o = 5.82 * 24 / 31$$

$t_o = 4.5$  jam, dipakai 4 (empat) jam waktu pengoperasian.

Untuk 4 jam pemakaian dibutuhkan V sebesar :

$$V = 31 * 4 * 3600$$

$$= 446,400.00 \text{ m}^3$$

$$V_o < V_i$$

3. Dijalankan 4 jam perhari dengan dua unit turbin, sehingga:

$$Q_o = Q_i * t_i / t_o$$

$$Q_o = 5.82 * 24 / 4$$

$$Q_o = 34.92$$

$$\text{satu unit } Q_o = 34.92/2 = 17.460 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Untuk 4 jam pemakaian dibutuhkan V sebesar :

$$V = 34.92 * 4 * 3600$$

$$= 502,848.00 \text{ m}^3$$

Pada grafik dan tabel Daily Reservoir dapat diketahui besarnya tumpungan selama 24 jam untuk  $Q_i$  sebesar  $5.82 \text{ m}^3/\text{dt}$  adalah :  $502,848.00 \text{ m}^3$ . Debit andalan tersebut dapat dipakai untuk pembangkitan turbin karena debit dasar pembangkitan yang dihasilkan sebesar  $27.94 \text{ m}^3/\text{dt} >$  debit pembangkitan minimum sebesar  $6.20 \text{ m}^3/\text{dt}$  dan saluran Parit Agung dapat menampung volume andalan yang dibutuhkan karena  $V_{andalan} = V_i < V_{max}$  tumpungan. Kemudian dihitung untuk pemakaian waktu

pengoperasian yang berbeda-beda untuk melihat besar volume andalan yang dibutuhkan. Hal ini diperlukan untuk melihat besar efisiensi yang bisa diperoleh. Lihat *tabel 6.8 Perhitungan Waktu Operasi, Efisiensi dan Energi*.

## 6.7 PERHITUNGAN EFISIENSI TURBIN

Dari hasil perhitungan sebelumnya di hitung besarnya efisiensi pemakaian yang dapat dihasilkan. Pemakaian satu unit turbin dengan debit pembangkitan sebesar  $27.94 \text{ m}^3/\text{dt}$  selama 5 jam :

$$(27.94/31) * 100 \% = 90.13 \%$$

Untuk pemakaian satu unit turbin dengan debit pembangkitan sama dengan debit pembangkitan maksimum sebesar  $31 \text{ m}^3/\text{dt}$  selama 4 jam :

$$(31/31) * 100 \% = 100 \%$$

Untuk pemakaian dua unit turbin dengan debit pembangkitan sebesar  $34.92 \text{ m}^3/\text{dt}$  selama 4 jam :

$$(34.92/62) * 100 \% = 56.32 \%$$

## 6.8 PERHITUNGAN ENERGI LISTRIK TENAGA AIR

Energi yang dapat dihasilkan dengan debit outflow tersebut adalah sebagai berikut :

- $27.94 \text{ m}^3/\text{dt}$  selama 5 jam

$$E = 9.8 * Q * H_{eff} * t$$

$$= 9.8 * 27.94 * 79 * 5$$

$$= 108,155.74 \text{ kWh}$$

- $31 \text{ m}^3/\text{dt}$  selama 4 jam

$$E = 9.8 * Q * H_{eff} * t$$

$$= 9.8 * 31 * 79 * 4$$

$$= 96,000.80 \text{ kwh}$$

- $34.92 \text{ m}^3/\text{dt}$  selama 4 jam

$$E = 9.8 * 34.92 * 79 * 4$$

$$= 108,140.26 \text{ kwh}$$

Energi yang diperoleh ini adalah besarnya energi rata-rata harian.

Selanjutnya perhitungan debit andalan, debit pembangkitan, Efisiensi dan Energi di susun dalam bentuk tabel.

Tabel 6.8.a Perhitungan Waktu Operasi, Effisiensi, dan Energi untuk Bulan Mei dengan pengoperasian satu unit turbin ( $Q_o \text{ max} = 31 \text{ m}^3/\text{dt}$ )

$Q_i$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Waktu operasi (jam)	$Q_o$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Keterangan	Vol. yang dibutuhkan ( $\text{m}^3$ )	Effisiensi (%)	Energi (kilowatt jam)
(1)	(2)	(3)=(1)*24/(2)	(4)	(5)=(3)*(2)*3600	(6)=(3)/31*100	(7)=9.8*(3)*79*(2)
5.82	4	34.92	$Q_o > Q_{o\max}$	-	-	-
5.82	5	27.94	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	90.12	108,140.26
5.82	6	23.28	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	75.10	108,140.26
5.82	7	19.95	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	64.37	108,140.26
5.82	8	17.46	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	56.32	108,140.26
5.82	9	15.52	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	50.06	108,140.26
5.82	10	13.97	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	45.06	108,140.26
5.82	11	12.70	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	40.96	108,140.26
5.82	12	11.64	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	37.55	108,140.26
5.82	13	10.74	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	34.66	108,140.26
5.82	14	9.98	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	32.18	108,140.26
5.82	15	9.31	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	30.04	108,140.26
5.82	16	8.73	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	28.16	108,140.26
5.82	17	8.22	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	26.50	108,140.26
5.82	18	7.76	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	25.03	108,140.26
5.82	19	7.35	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	23.71	108,140.26
5.82	20	6.98	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	22.53	108,140.26
5.82	21	6.65	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	21.46	108,140.26
5.82	22	6.35	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	20.48	108,140.26
5.82	23	6.07	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	19.59	108,140.26
5.82	24	5.82	$Q_o < Q_{o\max}$	502,848.00	18.77	108,140.26

Tabel 6.8.b Perhitungan Waktu Operasi, Effisiensi, dan Energi untuk Bulan Juni dengan pengoperasian satu unit turbin ( $Q_{\text{O max}} = 31 \text{ m}^3/\text{dt}$ )

$Q_i$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Waktu operasi (jam)	$Q_o$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Keterangan	Vol. yang diikutsertakan ( $\text{m}^3$ )	Effisiensi (%)	Energi (kilowatt.jam)
(1)	(2)	(3)=(1)*24/(2)	(4)	(5)=(3)*(2)*3600	(6)=(3)/31*100	(7)=9.8*(3)*79*(2)
5.50	4	33.00	$Q_o > Q_{\text{omax}}$	-	-	-
5.50	5	26.40	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	85.16	102,194.40
5.50	6	22.00	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	70.97	102,194.40
5.50	7	18.86	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	60.83	102,194.40
5.50	8	16.50	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	53.23	102,194.40
5.50	9	14.67	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	47.31	102,194.40
5.50	10	13.20	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	42.58	102,194.40
5.50	11	12.00	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	38.71	102,194.40
5.50	12	11.00	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	35.48	102,194.40
5.50	13	10.15	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	32.75	102,194.40
5.50	14	9.43	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	30.41	102,194.40
5.50	15	8.80	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	28.39	102,194.40
5.50	16	8.25	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	26.61	102,194.40
5.50	17	7.76	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	25.05	102,194.40
5.50	18	7.33	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	23.66	102,194.40
5.50	19	6.95	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	22.41	102,194.40
5.50	20	6.60	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	21.29	102,194.40
5.50	21	6.29	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	20.28	102,194.40
5.50	22	6.00	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	19.35	102,194.40
5.50	23	5.74	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	18.51	102,194.40
5.50	24	5.50	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	475,200.00	17.74	102,194.40

Tabel 6.8.c Perhitungan Waktu Operasi, Effisiensi, dan Energi untuk Bulan Juli dengan pengoperasian satu unit turbin ( $Q_{o \max} = 31 \text{ m}^3/\text{dt}$ )

$Q_i$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Waktu operasi (jam)	$Q_o$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Keterangan	Vol. yang dibutuhkan ( $\text{m}^3$ )	Effisiensi (%)	Energi (kilowatt jam)
(1)	(2)	(3) = (1)*24/(2)	(4)	(5) = (3)*(2)*3600	(6) = (3)/31*100	(7) = 9.8*(3)*79*(2)
4.11	4	24.66	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	79.55	76,367.09
4.11	5	19.73	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	63.64	76,367.09
4.11	6	16.44	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	53.03	76,367.09
4.11	7	14.09	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	45.46	76,367.09
4.11	8	12.33	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	39.77	76,367.09
4.11	9	10.96	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	35.35	76,367.09
4.11	10	9.86	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	31.82	76,367.09
4.11	11	8.97	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	28.93	76,367.09
4.11	12	8.22	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	26.52	76,367.09
4.11	13	7.59	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	24.48	76,367.09
4.11	14	7.05	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	22.73	76,367.09
4.11	15	6.58	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	21.21	76,367.09
4.11	16	6.17	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	19.89	76,367.09
4.11	17	5.80	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	18.72	76,367.09
4.11	18	5.48	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	17.68	76,367.09
4.11	19	5.19	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	16.75	76,367.09
4.11	20	4.93	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	15.91	76,367.09
4.11	21	4.70	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	15.15	76,367.09
4.11	22	4.48	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	14.46	76,367.09
4.11	23	4.29	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	13.83	76,367.09
4.11	24	4.11	$Q_o < Q_{o\max}$	355,104.00	13.26	76,367.09

Tabel 6.8.d Perhitungan Waktu Operasi, Effisiensi, dan Energi untuk Bulan Agustus dengan pengoperasian satu unit turbin ( $Q_{omax} = 31 \text{ m}^3/\text{dt}$ )

$Q_i$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ ) (1)	Waktu operasi (jam) (2)	$Q_o$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ ) (3)=(1)*24/(2)	Keterangan (4)	Vol. yang dibutuhkan ( $\text{m}^3$ ) (5)=(3)*(2)*3600	Effisiensi (%) (6)=(3)/31*100	Energi (kilowatt jam) (7)=9.8*(3)*79*(2)
3.48	4	20.88	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	67.35	64,661.18
3.48	5	16.70	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	53.88	64,661.18
3.48	6	13.92	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	44.90	64,661.18
3.48	7	11.93	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	38.49	64,661.18
3.48	8	10.44	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	33.68	64,661.18
3.48	9	9.28	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	29.94	64,661.18
3.48	10	8.35	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	26.94	64,661.18
3.48	11	7.59	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	24.49	64,661.18
3.48	12	6.96	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	22.45	64,661.18
3.48	13	6.42	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	20.72	64,661.18
3.48	14	5.97	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	19.24	64,661.18
3.48	15	5.57	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	17.96	64,661.18
3.48	16	5.22	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	16.84	64,661.18
3.48	17	4.91	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	15.85	64,661.18
3.48	18	4.64	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	14.97	64,661.18
3.48	19	4.40	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	14.18	64,661.18
3.48	20	4.18	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	13.47	64,661.18
3.48	21	3.98	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	12.83	64,661.18
3.48	22	3.80	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	12.25	64,661.18
3.48	23	3.63	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	11.71	64,661.18
3.48	24	3.48	$Q_o < Q_{omax}$	300,672.00	11.23	64,661.18

Tabel 6.8.e Perhitungan Waktu Operasi, Effisiensi, dan Energi untuk Bulan September dengan pengoperasian satu unit turbin ( $Q_{\text{omax}} = 31 \text{ m}^3/\text{dt}$ )

$Q_i$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Waktu operasi (jam)	$Q_o$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Keterangan	Vol. yang dibutuhkan ( $\text{m}^3$ )	Effisiensi (%)	Energi (kilowatt jam)
(1)	(2)	(3)=(1)*24/(2)	(4)	(5)=(3)*(2)*3600	(6)=(3)/31*100	(7)=9.8*(3)*79*(2)
3.52	4	21.12	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	68.13	65,404.42
3.52	5	16.90	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	54.50	65,404.42
3.52	6	14.08	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	45.42	65,404.42
3.52	7	12.07	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	38.93	65,404.42
3.52	8	10.56	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	34.06	65,404.42
3.52	9	9.39	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	30.28	65,404.42
3.52	10	8.45	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	27.25	65,404.42
3.52	11	7.68	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	24.77	65,404.42
3.52	12	7.04	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	22.71	65,404.42
3.52	13	6.50	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	20.96	65,404.42
3.52	14	6.03	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	19.47	65,404.42
3.52	15	5.63	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	18.17	65,404.42
3.52	16	5.28	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	17.03	65,404.42
3.52	17	4.97	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	16.03	65,404.42
3.52	18	4.69	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	15.14	65,404.42
3.52	19	4.45	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	14.34	65,404.42
3.52	20	4.22	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	13.63	65,404.42
3.52	21	4.02	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	12.98	65,404.42
3.52	22	3.84	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	12.39	65,404.42
3.52	23	3.67	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	11.85	65,404.42
3.52	24	3.52	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	304,128.00	11.35	65,404.42

Tabel 6.8.f Perhitungan Waktu Operasi, Effisiensi, dan Energi untuk Bulan Oktober dengan pengoperasian satu unit turbin ( $Q_{\text{omax}} = 31 \text{ m}^3/\text{dt}$ )

$Q_i$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ ) (1)	Waktu operasi (jam) (2)	$Q_o$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ ) (3)=(1)*24/(2)	Keterangan (4)	Vol. yang dibutuhkan ( $\text{m}^3$ ) (5)=(1)*(2)*3600	Effisiensi (%) (6)=(3)/31*100	Energi (kilowatt jam) (7)=9.8*(3)*79*(2)
5.95	4	35.70	$Q_o > Q_{\text{omax}}$	-	-	-
5.95	5	28.56	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	92.13	110,555.76
5.95	6	23.80	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	76.77	110,555.76
5.95	7	20.40	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	65.81	110,555.76
5.95	8	17.85	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	57.58	110,555.76
5.95	9	15.87	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	51.18	110,555.76
5.95	10	14.28	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	46.06	110,555.76
5.95	11	12.98	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	41.88	110,555.76
5.95	12	11.90	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	38.39	110,555.76
5.95	13	10.98	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	35.43	110,555.76
5.95	14	10.20	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	32.90	110,555.76
5.95	15	9.52	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	30.71	110,555.76
5.95	16	8.93	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	28.79	110,555.76
5.95	17	8.40	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	27.10	110,555.76
5.95	18	7.93	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	25.59	110,555.76
5.95	19	7.52	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	24.24	110,555.76
5.95	20	7.14	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	23.03	110,555.76
5.95	21	6.80	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	21.94	110,555.76
5.95	22	6.49	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	20.94	110,555.76
5.95	23	6.21	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	20.03	110,555.76
5.95	24	5.95	$Q_o < Q_{\text{omax}}$	514,080.00	19.19	110,555.76

Tabel 6.9.a Perhitungan Waktu Operasi, Effisiensi, dan Energi untuk Bulan Mei dengan pengoperasian dua unit turbin ( $Q_{o \text{ max}} = 62 \text{ m}^3/\text{dt}$ )

$Q_i$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Waktu operasi (jam)	$Q_o$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Keterangan	Vol. yang dibutuhkan ( $\text{m}^3$ )	Effisiensi (%)	Energi (kilowatt jam)
(1)	(2)	(3)=(1)*24/(2)	(4)	(5)=(3)*(2)*3600	(6)=(3)/62*100	(7)=9.8*(3)*79*(2)
5.82	4	34.92	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	56.32	108,140.26
5.82	5	27.94	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	45.06	108,140.26
5.82	6	23.28	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	37.55	108,140.26
5.82	7	19.95	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	32.18	108,140.26
5.82	8	17.46	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	28.16	108,140.26
5.82	9	15.52	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	25.03	108,140.26
5.82	10	13.97	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	22.53	108,140.26
5.82	11	12.70	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	20.48	108,140.26
5.82	12	11.64	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	18.77	108,140.26
5.82	13	10.74	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	17.33	108,140.26
5.82	14	9.98	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	16.09	108,140.26
5.82	15	9.31	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	15.02	108,140.26
5.82	16	8.73	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	14.08	108,140.26
5.82	17	8.22	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	13.25	108,140.26
5.82	18	7.76	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	12.52	108,140.26
5.82	19	7.35	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	11.86	108,140.26
5.82	20	6.98	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	11.26	108,140.26
5.82	21	6.65	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	10.73	108,140.26
5.82	22	6.35	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	10.24	108,140.26
5.82	23	6.07	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	9.80	108,140.26
5.82	24	5.82	$Q_o < Q_{o\text{max}}$	502,848.00	9.39	108,140.26

Tabel 6.9.b Perhitungan Waktu Operasi, Effisiensi, dan Energi untuk Bulan Juni dengan pengoperasian dua unit turbin ( $Q_{o \max} = 62 \text{ m}^3/\text{dt}$ )

$Q_i$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Waktu operasi (jam)	$Q_o$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Keterangan	Vol. yang dibutuhkan ( $\text{m}^3$ )	Effisiensi (%)	Energi (kilowatt jam)
(1)	(2)	(3)=(1)*24/(2)	(4)	(5)=(3)*(2)*3600	(6)=(3)/62*100	(7)=9.8*(3)*79*(2)
5.50	4	33.00	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	53.23	102,194.40
5.50	5	26.40	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	42.58	102,194.40
5.50	6	22.00	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	35.48	102,194.40
5.50	7	18.86	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	30.41	102,194.40
5.50	8	16.50	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	26.61	102,194.40
5.50	9	14.67	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	23.66	102,194.40
5.50	10	13.20	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	21.29	102,194.40
5.50	11	12.00	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	19.35	102,194.40
5.50	12	11.00	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	17.74	102,194.40
5.50	13	10.15	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	16.38	102,194.40
5.50	14	9.43	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	15.21	102,194.40
5.50	15	8.80	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	14.19	102,194.40
5.50	16	8.25	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	13.31	102,194.40
5.50	17	7.76	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	12.52	102,194.40
5.50	18	7.33	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	11.83	102,194.40
5.50	19	6.95	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	11.21	102,194.40
5.50	20	6.60	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	10.65	102,194.40
5.50	21	6.29	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	10.14	102,194.40
5.50	22	6.00	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	9.68	102,194.40
5.50	23	5.74	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	9.26	102,194.40
5.50	24	5.50	$Q_o < Q_{o\max}$	475,200.00	8.87	102,194.40

Tabel 6.9.c Perhitungan Waktu Operasi, Effisiensi, dan Energi untuk Bulan Oktober dengan pengoperasian dua unit turbin ( $Q_{\text{o max}} = 62 \text{ m}^3/\text{dt}$ )

$Q_i$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Waktu operasi (jam)	$Q_o$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Keterangan	Vol. yang dibutuhkan ( $\text{m}^3$ )	Effisiensi (%)	Energi (kilowatt jam)
(1)	(2)	(3) = (1)*24/(2)	(4)	(5) = (3)*(2)*3600	(6) = (3)/62*100	(7) = 9.8*(3)*79*(2)
5.95	4	35.70	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	57.58	110,555.76
5.95	5	28.56	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	46.06	110,555.76
5.95	6	23.80	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	38.39	110,555.76
5.95	7	20.40	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	32.90	110,555.76
5.95	8	17.85	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	28.79	110,555.76
5.95	9	15.87	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	25.59	110,555.76
5.95	10	14.28	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	23.03	110,555.76
5.95	11	12.98	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	20.94	110,555.76
5.95	12	11.90	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	19.19	110,555.76
5.95	13	10.98	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	17.72	110,555.76
5.95	14	10.20	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	16.45	110,555.76
5.95	15	9.52	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	15.35	110,555.76
5.95	16	8.93	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	14.40	110,555.76
5.95	17	8.40	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	13.55	110,555.76
5.95	18	7.93	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	12.80	110,555.76
5.95	19	7.52	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	12.12	110,555.76
5.95	20	7.14	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	11.52	110,555.76
5.95	21	6.80	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	10.97	110,555.76
5.95	22	6.49	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	10.47	110,555.76
5.95	23	6.21	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	10.01	110,555.76
5.95	24	5.95	$Q_o < Q_{\text{o max}}$	514,080.00	9.60	110,555.76

Tabel 6.10.a Perhitungan Waktu Operasi, Effisiensi, dan Energi untuk Bulan Mei dengan pengoperasian satu unit turbin ( $Q_o = Q_{o \max} = 31 \text{ m}^3/\text{dt}$ )

$Q_i$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Waktu operasi (jam)	$Q_o = Q_{o \max}$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Vol. yang dibutuhkan ( $\text{m}^3$ )	Keterangan	Effisiensi (%)	Energi (kilowatt.jam)
(1)	(2)	(3)	(5) = (3)*(2)*3600	(4)	(6) = (3)/31*100	(7) = 9.8*(3)*79*(2)
5.82	4	31.00	446,400.00	$V_o < V_i$	100.00	96,000.80
5.82	5	31.00	558,000.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	6	31.00	669,600.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	7	31.00	781,200.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	8	31.00	892,800.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	9	31.00	1,004,400.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	10	31.00	1,116,000.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	11	31.00	1,227,600.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	12	31.00	1,339,200.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	13	31.00	1,450,800.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	14	31.00	1,562,400.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	15	31.00	1,674,000.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	16	31.00	1,785,600.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	17	31.00	1,897,200.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	18	31.00	2,008,800.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	19	31.00	2,120,400.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	20	31.00	2,232,000.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	21	31.00	2,343,600.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	22	31.00	2,455,200.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	23	31.00	2,566,800.00	$V_o > V_i$	-	-
5.82	24	31.00	2,678,400.00	$V_o > V_i$	-	-

Tabel 6.10.b Perhitungan Waktu Operasi, Efisiensi, dan Energi untuk Bulan Juni dengan pengoperasian satu unit turbin ( $Q_o = Q_{o \max} = 31 \text{ m}^3/\text{dt}$ )

$Q_i$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Waktu operasi (jam)	$Q_o = Q_{o \max}$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Vol. yang dibutuhkan ( $\text{m}^3$ )	Keterangan	Efisiensi (%)	Energi (kilowatt jam)
(1)	(2)	(3)	(5) = (3)*(2)*3600	(4)	(6) = (3)/31*100	(7) = 9.8*(3)*79*(2)
5.50	4	31.00	446,400.00	$V_o < V_i$	100.00	96,000.80
5.50	5	31.00	558,000.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	6	31.00	669,600.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	7	31.00	781,200.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	8	31.00	892,800.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	9	31.00	1,004,400.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	10	31.00	1,116,000.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	11	31.00	1,227,600.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	12	31.00	1,339,200.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	13	31.00	1,450,800.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	14	31.00	1,562,400.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	15	31.00	1,674,000.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	16	31.00	1,785,600.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	17	31.00	1,897,200.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	18	31.00	2,008,800.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	19	31.00	2,120,400.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	20	31.00	2,232,000.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	21	31.00	2,343,600.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	22	31.00	2,455,200.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	23	31.00	2,566,800.00	$V_o > V_i$	-	-
5.50	24	31.00	2,678,400.00	$V_o > V_i$	-	-

Tabel 6.10.c Perhitungan Waktu Operasi, Effisiensi, dan Energi untuk Bulan Oktober dengan pengoperasian satu unit turbin ( $Q_o = Q_{o \text{ max}} = 31 \text{ m}^3/\text{dt}$ )

$Q_i$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Waktu operasi (jam)	$Q_o = Q_{o \text{ max}}$ ( $\text{m}^3/\text{dt}$ )	Vol. yang dibutuhkan ( $\text{m}^3$ )	Keterangan	Effisiensi (%)	Energi (kilowatt jam)
(1)	(2)	(3)	(5) = (1)*(2)*3600	(4)	(6) = (3)/31*100	(7) = 9.8*(3)*79*(2)
5.95	4	31.00	446,400.00	$V_o < V_i$	100.00	96,000.80
5.95	5	31.00	558,000.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	6	31.00	669,600.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	7	31.00	781,200.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	8	31.00	892,800.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	9	31.00	1,004,400.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	10	31.00	1,116,000.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	11	31.00	1,227,600.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	12	31.00	1,339,200.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	13	31.00	1,450,800.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	14	31.00	1,562,400.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	15	31.00	1,674,000.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	16	31.00	1,785,600.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	17	31.00	1,897,200.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	18	31.00	2,008,800.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	19	31.00	2,120,400.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	20	31.00	2,232,000.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	21	31.00	2,343,600.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	22	31.00	2,455,200.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	23	31.00	2,566,800.00	$V_o > V_i$	-	-
5.95	24	31.00	2,678,400.00	$V_o > V_i$	-	-

## 6.9 ANALISA PLTA

Dari perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan pada sub bab-sub bab sebelumnya dapatlah dibuat suatu analisa tentang pengoperasian PLTA Tulungagung selama musim kemarau sebagai berikut :

1. Bila digunakan pengoperasian satu unit turbin dengan  $Q_o \text{ max} \neq 31 \text{ m}^3/\text{dt}$  dengan pemakaian 5 jam sehari maka rata-rata effisiensi selama musim kemarau adalah :

$$(90.12 + 85.16 + 63.64 + 53.88 + 54.50 + 92.13) \% : 6 =$$

$$439.43 \% : 6 = 73.24 \%$$

2. Bila dijalankan selama 4 jam perhari dengan pemakaian pada bulan Mei, Juni, dan Oktober dioperasikan satu unit turbin dimana  $Q_o = Q_o \text{ max} = 31 \text{ m}^3/\text{dt}$ , maka effisiensi yang diperoleh adalah :

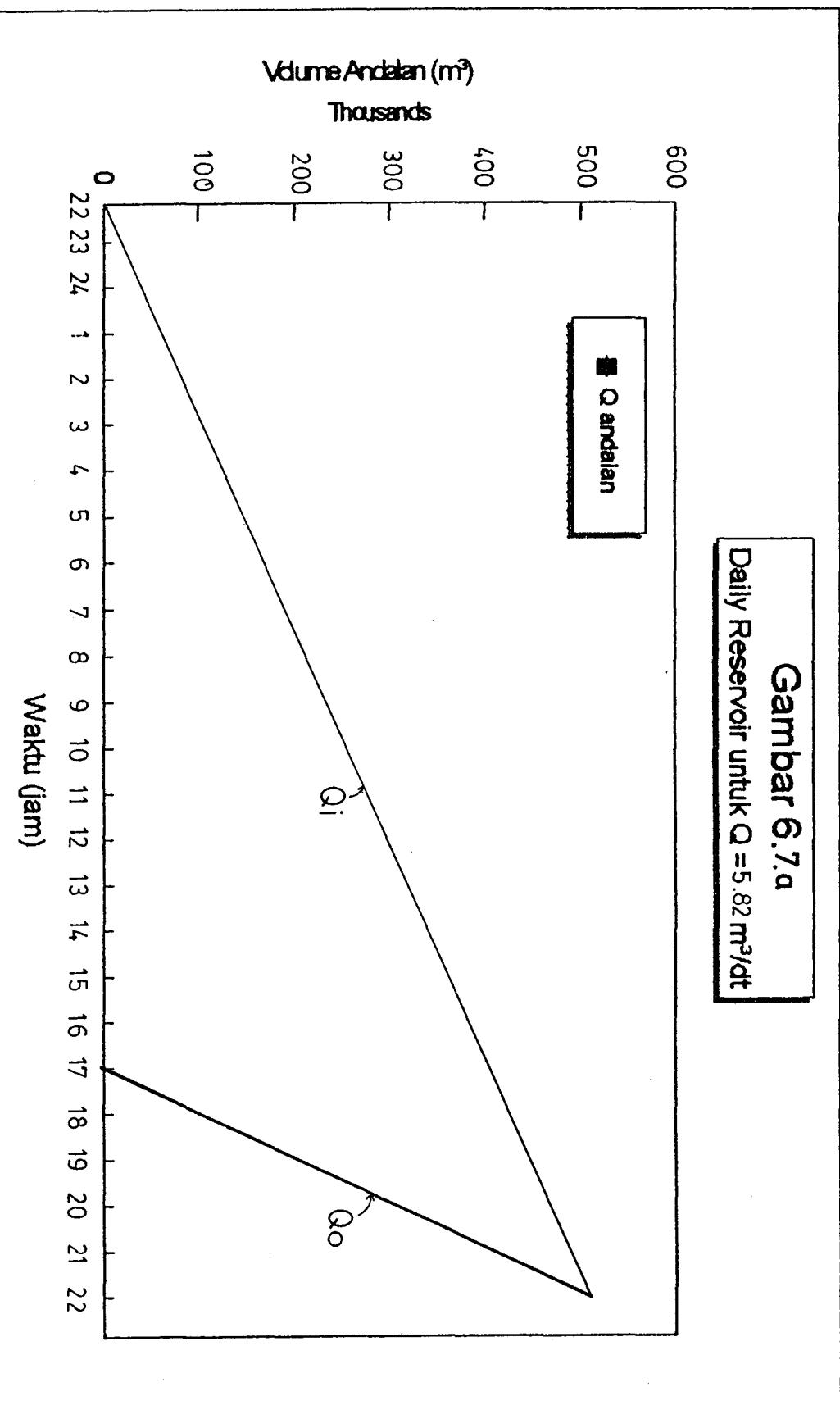
$$(100 + 100 + 79.55 + 67.35 + 68.13 + 100) \% : 6 = 85.84 \%$$

3. Bila dijalankan selama 4 jam perhari dengan pemakaian pada bulan Mei, Juni, dan Oktober dioperasikan duaunit turbin dimana  $Q_o \text{ max} = 62 \text{ m}^3/\text{dt}$ , maka effisiensi yang diperoleh adalah :

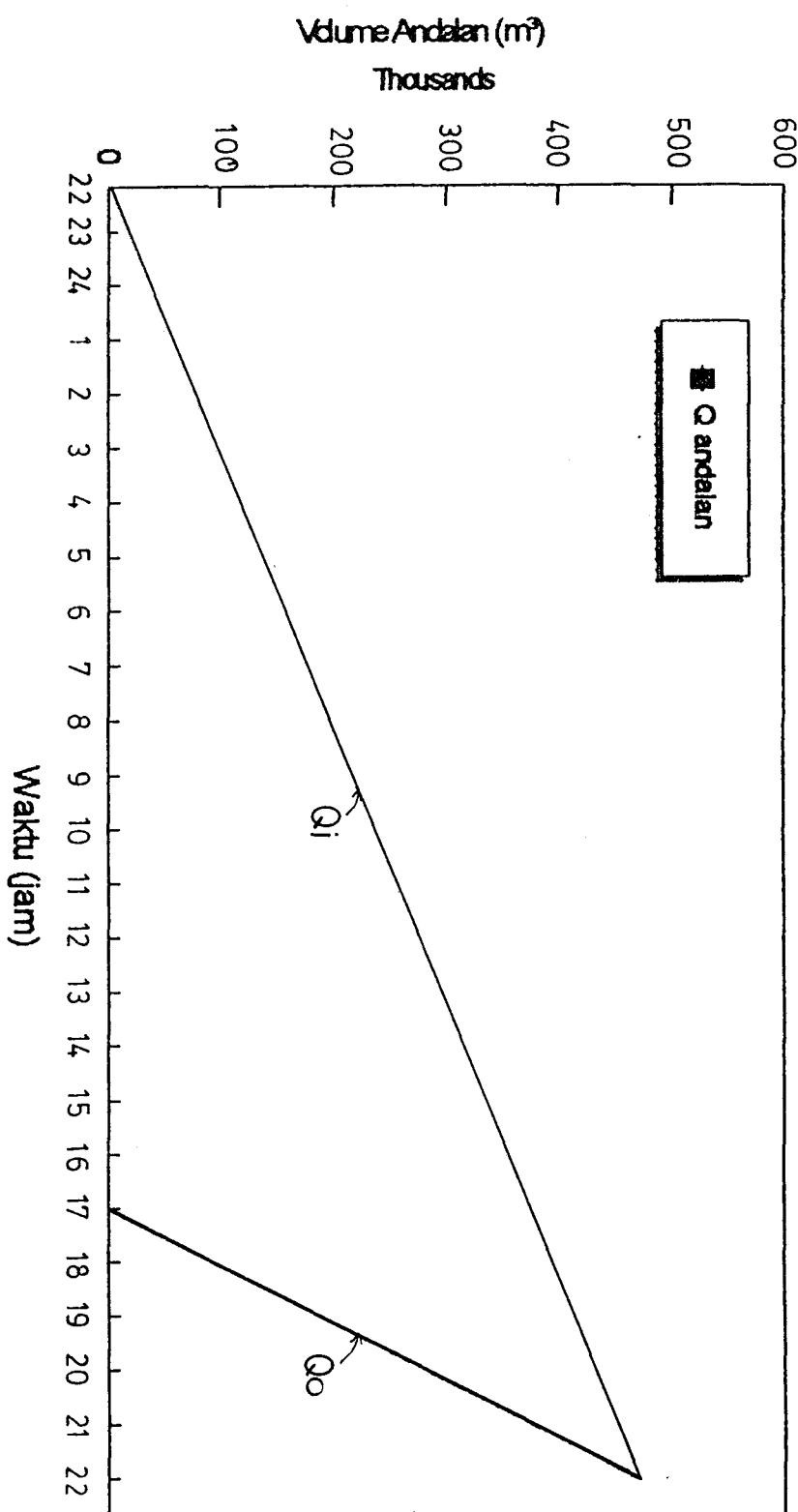
$$(75.10 + 70.97 + 53.03 + 44.90 + 45.42 + 76.77) \% : 6 =$$

$$366.19 \% : 6 = 61.03 \%$$

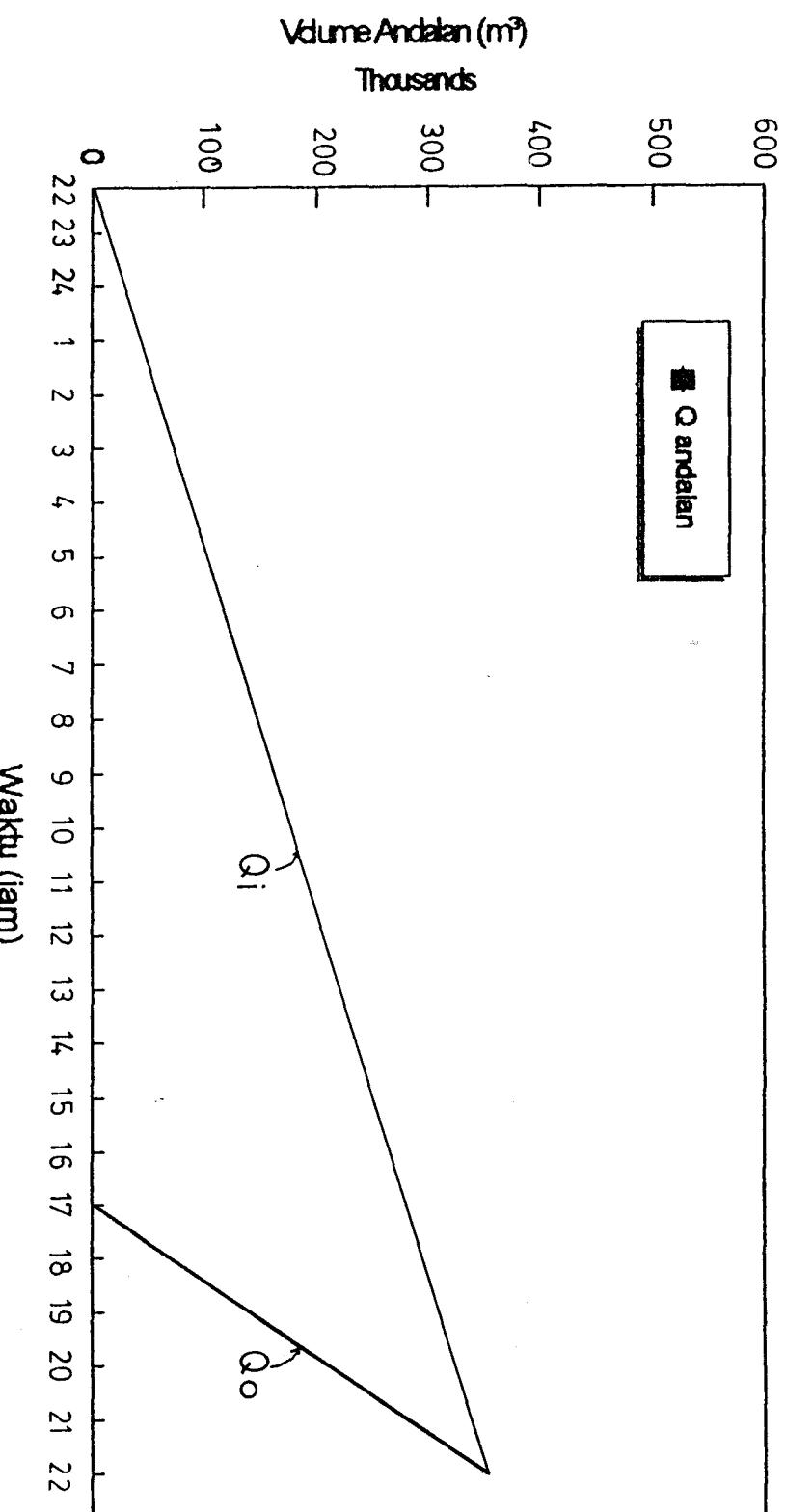
Dari ketiga hal tersebut dapat dipilih alternatif yang pertama karena mempunyai nilai effisiensi yang cukup tinggi yaitu 73.24 %, waktu pemakaian yang lebih lama yaitu 5 jam perhari dimulai pada pkl. 17.00 sampai dengan pkl. 22.00, dan menghasilkan energi yang relatif cukup besar yaitu 108,155.74 kwh. Pemakaian air dari reservoir terlihat dari grafik berikut.

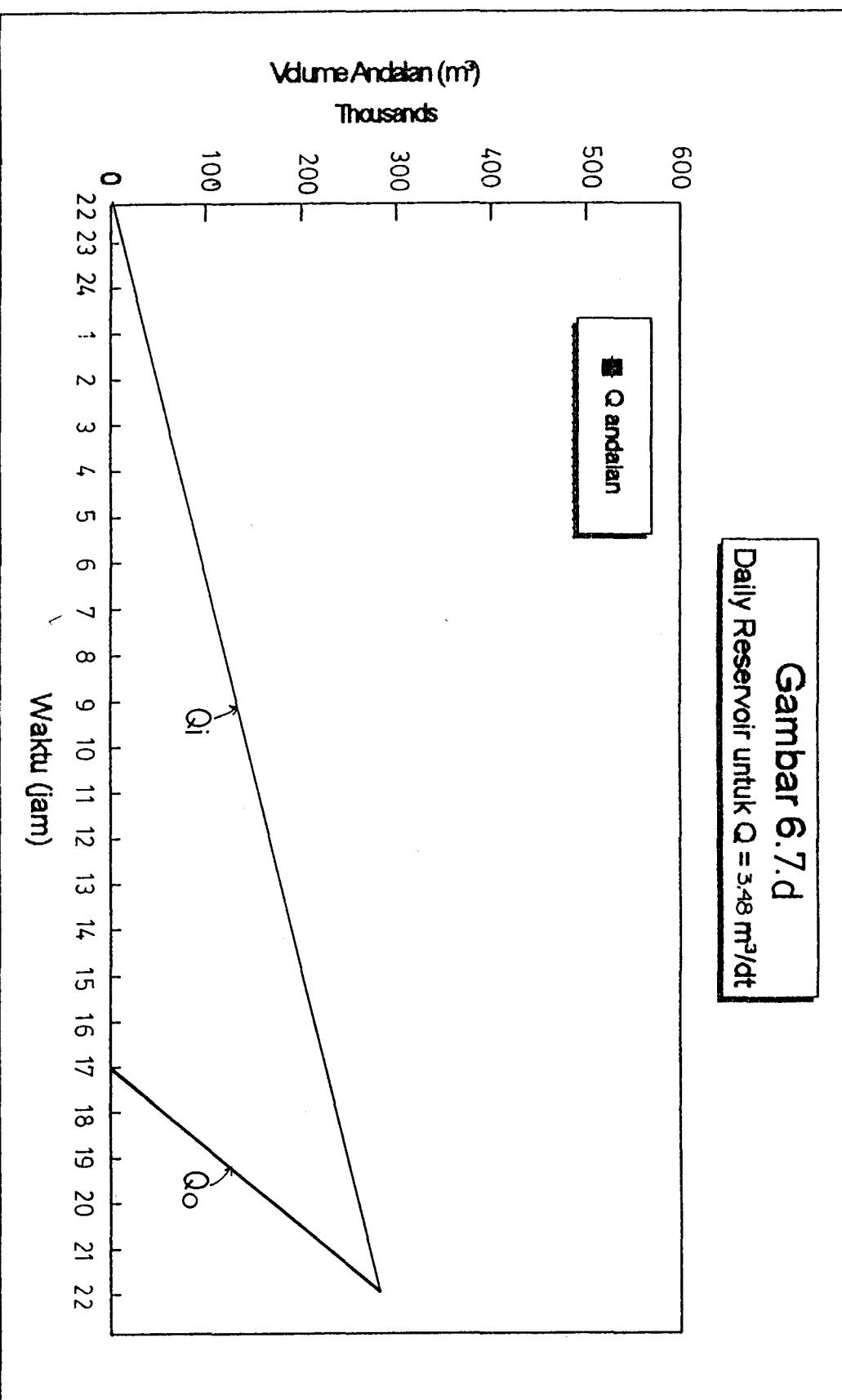


Gambar 6.7.b  
Daily Reservoir untuk  $Q = 5.5 \text{ m}^3/\text{dt}$

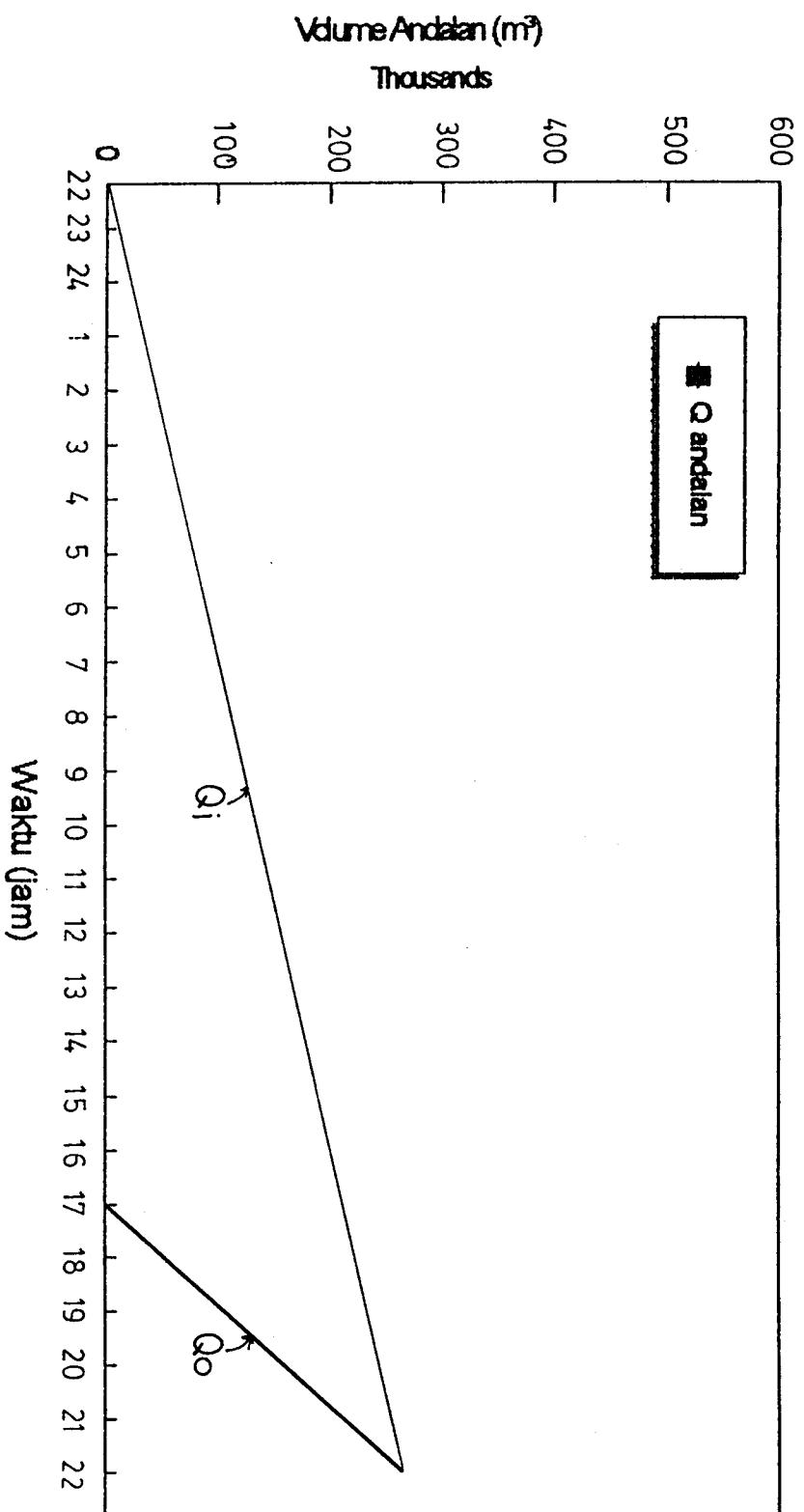


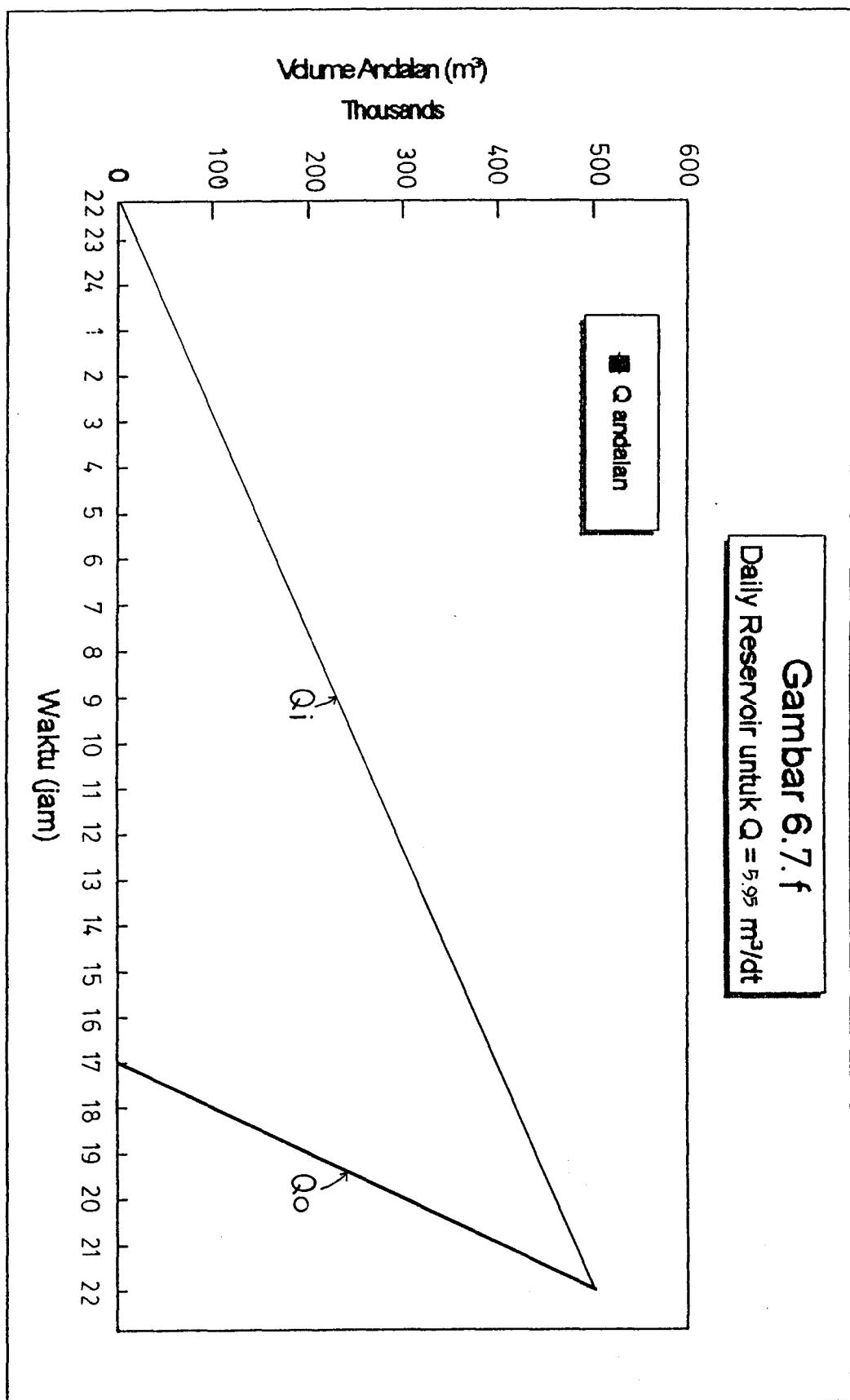
**Gambar 6.7.C**  
Daily Reservoir untuk  $Q = 4.11 \text{ m}^3/\text{dt}$





**Gambar 6.7.e**  
Daily Reservoir untuk  $Q = 3.52 \text{ m}^3/\text{dt}$





## **BAB VII**

### **KESIMPULAN**

Pada bagian akhir dari buku ini dapat kami berikan beberapa ringkasan konsep dasar dan kesimpulan yang dapat diperoleh dari beberapa perhitungan dan analisa yang telah kami lakukan pada bab-bab sebelumnya :

- Penulisan buku ini didasarkan atas data yang terbatas, untuk itu dipandang perlu mengadakan asumsi atau pendekatan-pendekatan untuk pelaksanaan perhitungan.
- Perhitungan yang dilakukan dalam studi ini tidak mempertimbangkan air sisa irigasi, sehingga inflow diasumsikan murni berasal dari air hujan.
- Dari perhitungan debit andalan masih terdapat debit pembangkitan yang dapat digunakan untuk mengoperasikan PLTA Tulungagung Selatan. Besar debit yang tersedia adalah sebagai berikut :

Bulan Mei : 5.82 m<sup>3</sup>/dt

Bulan Juni : 5.50 m<sup>3</sup>/dt

Bulan Juli : 4.11 m<sup>3</sup>/dt

Bulan Agustus : 3.48 m<sup>3</sup>/dt

Bulan September : 3.52 m<sup>3</sup>/dt

Bulan Oktober : 5.95 m<sup>3</sup>/dt

- Besarnya Q pembangkitan, Lama pengoperasian, Effisiensi pemakaian turbin, dan Energi yang dihasilkan sangat bervariasi.

Dari Analisa PLTA dipilih pengoperasian PLTA Tulungagung selama musim kemarau dengan ketentuan sebagai berikut :

\* Lama pengoperasian : 5 jam per hari

\* Unit turbin : 1 (satu) unit

Hal ini menghasilkan effisiensi pemakaian rata-rata selama musim kemarau sebesar 73.24 %.

- Besarnya Effisiensi yang bervariasi yang diperoleh dari perhitungan belum bisa menentukan besar kecilnya keuntungan yang bisa diperoleh oleh PLTA Tulungagung Selatan tersebut.

Hal ini bisa dihitung apabila dilakukan analisa secara ekonomi. Sedangkan pada studi ini hanya diperlihatkan pangaruh Q andalan dan lama pengoperasian terhadap Effisiensi pemakaian turbin saja.