

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK (S-1)**



**OPTIMASI OPERASI PLTA WADUK SELOREJO DENGAN
PENDEKATAN METODE DYNAMIC PROGRAMMING BY
SUCCESSIVE APROXIMATION (DPSA)**

SKRIPSI

**Disusun Oleh :
IMAM FATHURRAHMAN
NIM: 99.12.150**

MARET 2006

LEMBAR PERSETUJUAN

OPTIMASI PLTA WADUK SELOREJO DENGAN PENDEKATAN METODE DYNAMIC PROGRAMMING BY SUCCESSIVE APROXIMATION (DPSA)

SKRIPSI

*Disusun Untuk Melengkapi dan Memenuhi Persyaratan
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik Elektro Strata Satu (S-1)*

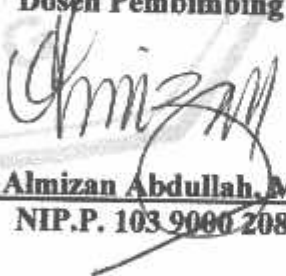
Disusun Oleh :

IMAM FATHURRAHMAN
NIM: 99.12.150

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro


Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. Y. 103.9500.274

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

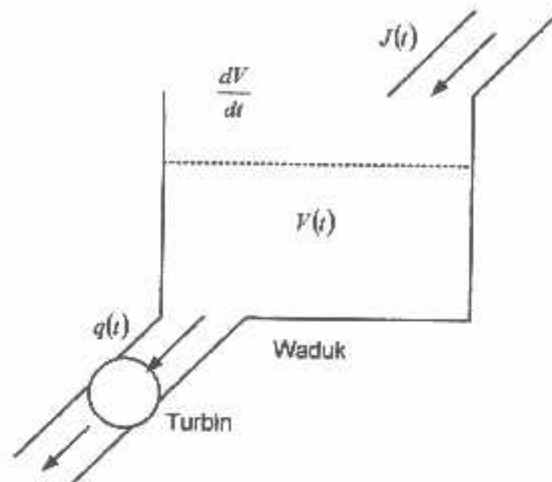

Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE
NIP. P. 103.9000.208

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK S-1
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2.5.3. Pelimpasan Air	15
2.6. Kendala – Kendala Untuk Optimasi Pengoperasian waduk	16
2.7. Dasar – Dasar Metode Dynamic Programming By Successive Aproximation	16
2.7.1. Model Konstruksi Penggunaan DPSA Untuk Operasi Waduk.....	17
BAB III PLTA WADUK SELOREJO	18
3.1. Gambaran Umum	18
3.2. Pola Pengoperasian Waduk Selorejo	18
3.3. Kendala Operasi Waduk Selorejo	19
3.4. Outflow Dan Debit Limpasan Pada Tailrace PLTA Waduk Selorejo	26
3.5. Data – Data Teknis PLTA Waduk Selorejo	33
3.6. Hubungan Antara Elevasi Dan Daya PLTA Waduk Selorejo	35
3.7. Volume Air Waduk Selorejo	35
BAB IV OPTIMASI PLTA WADUK SELOREJO DENGAN PENDEKATAN METODE DYNAMIC PROGRAMMING BY SUCCESSIVE APROXIMATION (DPSA)	38
4.1. Perhitungan Tahap Awal	38
4.2. Algoritma Perhitungan Optimasi PLTA Waduk Selorejo	39
4.3. Hasil Optimasi PLTA Waduk Selorejo	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1. Kesimpulan	50
5.2. Saran.....	52

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



Gambar 2.2
Model Pembangkit Hidro Yang Disederhanakan

Persamaan keseimbangan aliran dapat ditulis sebagai :

$$\frac{dV}{dt} = j(t) - q(t)$$

Dimana : $V(t)$ = Volume air waduk (m^3)
 $J(t)$ = Debit air sungai ($m^3/detik$)
 $q(t)$ = Debit keluaran / water discharge ($m^3/detik$)

2.3 Jenis Jenis Pembangkit Tenaga Listrik Tenaga Air

2.3.1 Penggolongan Berdasarkan Tinggi Terjun

Karna di Indonesia banyak terdapat sungai dengan kondisi geografis berbeda beda antara sungai satu dengan sungai lainnya, dengan kondisi alam ini dapat dimanfaatkan dibangunnya pusat pembangkit listrik, maka berdasarkan dari kondisinya pusat pusat pembangkit tenaga air dapat digolongkan sebagai berikut :

1. Jenis Terusan Air (Water Way)

Adalah pusat pembangkit yang mempunyai tempat pengambilan air (Intake) dari hulu sungai dan mengalirkan air kehilir melalui terusan air dengan kemiringan (Gradient) agak kecil. Tenaga listrik dibangkitkan dengan memanfaatkan tinggi terjun dari kemiringan tersebut.

2. Jenis Bendungan (DAM)

Adalah jenis pusat pembangkit yang melintang sungai guna menaikkan permukaan air dibagian hulu bendungan dan membangkitkan tenaga listrik dengan memanfaatkan tinggi terjun yang diperoleh antara sebelah hulu dan sebelah hilir sungai..

3. Jenis Bendungan dan Terusan Air

Adalah jenis gabungan dari kedua jenis pembangkit tersebut diatas. Jenis ini membangkitkan listrik dengan menggunakan tinggi terjun yang didapat dari bendungan dan terusan air

2.3.2 Penggolongan Menurut Aliran Air

1. Pembangkit Jenis Aliran Air Langsung (Run of River)

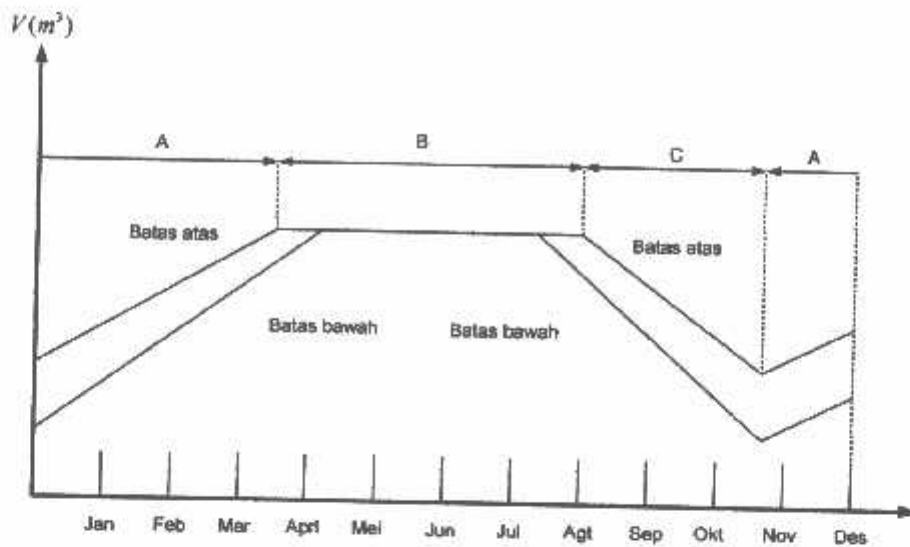
Adalah jenis pembangkit yang memanfaatkan aliran sungai itu sendiri secara alamiah dan sering kali dipakai oleh pusat pembangkit jenis saluran air.

2. Pembangkit Jenis Kolam Pengatur.

Adalah pusat pembangkit yang mengatur aliran sungai setiap hari atau setiap minggu dengan menggunakan kolam pengatur yang dibangun melintang terhadap sungai dan membangkitkan tenaga listrik sesuai perubahan beban. Selain itu jenis lain dengan kolam pengatur yang dibangun dibagian hilir pusat pembangkit beban puncak (Peaking Load Plant) dengan waduk berkapasitas besar atau kolam (Pondage), yang mengatur aliran air, pada waktu beban puncak (Peak Water Flow) sehingga menjadi aliran yang konstan. Pusat pembangkit semacam ini disebut jenis kolam kompensasi.

3. Pusat Pembangkit Jenis Waduk (Reservoir)

Adalah pusat pembangkit yang mempunyai sebuah bendungan besar yang dibangun melintang terhadap sungai. Dengan demikian terjadi sebuah danau buatan atau waduk asli dipakai sebagai waduk. Air dihimpun pada waktu musim hujan dan dikeluarkan kembali pada musim kemarau. Jadi



Gambar 2.3

Duga Muka Air Dalam Waduk Yang Diinginkan Dalam Satu Tahun

Keterangan :

A = periode pengisian waduk

B = Periode DMA maximum

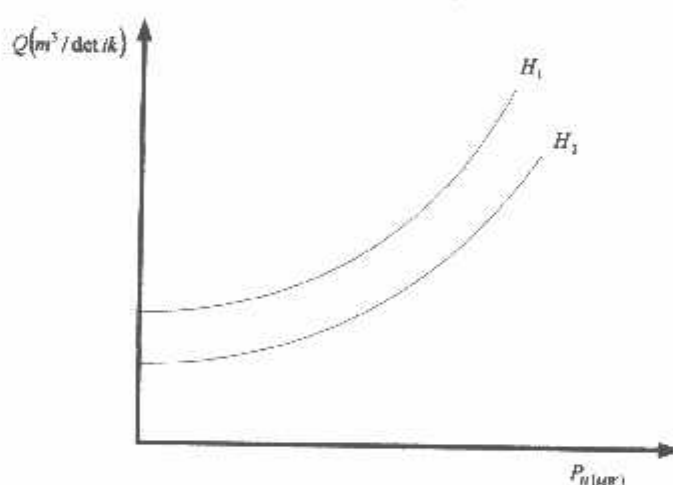
C = Periode pengosongan waduk

Selama periode pengosongan waduk DMA harus diusahakan agar terletak diantara garis batas atas dan garis batas bawah. Apabila DMA terletak dibawah maka harus dilakukan penghematan penggunaan air, sebaliknya apabila DMA telah mencapai nilai T_m yaitu nilai maksimalnya, memasuki periode DMA maximum maka muka air akan melimpas melalui saluran pelimpah.

Apabila DMA berada pada garis batas atas maka harus diamati kenaikannya bila perlu menaikkan kapasitas yang dibangkitkan atau dengan terpaksa dengan membuka pintu Spillway. Pengendalian ini diperlukan karna dengan adanya kenaikan DMA yang terlalu cepat dapat membahayakan bendungan. Perlu diusahakan agar periode DMA maximum ini dapat berlangsung selama mungkin, karena selama periode ini tinggi terjun PLTA yang bersangkutan adalah maximal, sehingga dengan efisiensi tinggi artinya jumlah air tertentu dapat membangkitkan tenaga listrik yang maximal.

yang tidak dapat digunakan daya kinetisnya pada sudu sudu turbin. Titik D menggambarkan pemakaian air yang maximum oleh turbin , yaitu qH maximum dimana besarnya q maximum tergantung dari instalasi air yang ada.

Pada **Gambar 2.4** juga menggambarkan input-output curve system hidro dimana dalam perhitungan untuk optimasi dengan menggunakan metode Dynamic Programming By Successive Approximation (DPSA), Volume kolam PLTA merupakan state variable, sedangkan beban subsistem hidro merupakan control variable dan sebagai objectif functionnya adalah pemakaian air yang minimum dari PLTA yang beroperasi untuk melayani beban tertentu. Apabila dalam periode optimasi , tinggi air dalam waduk PLTA yang beroperasi banyak berubah, maka input-output system hidro juga akan berubah seperti terlihat pada **Gambar 2.5**, kurva H_1 mewakili keadaan dengan tinggi terjun yang lebih rendah daripada tinggi terjun untuk kurva H_2 .



Gambar 2.5
Input-Output Curve Sistem Hidro^[2]

Apabila pengaruh tinggi terjun H dapat diabaikan misalnya untuk optimasi jangka pendek, maka pemakaian air untuk system hidro pada setiap interval waktu t adalah :

$$Q = \frac{V - V_t(i-1)}{t} \dots\dots\dots 2.8$$

2.5.2 Rencana Operasi Waduk^[2]

Rencana operasi waduk disini lebih mengacu pada rencana operasi jangka menengah dan jangka pendek. Rencana operasi jangka menengah adalah rencana operasi yang memandang persoalan system setidaknya untuk jangka waktu satu tahun atau dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau, sedangkan untuk rencana operasi jangka pendek adalah untuk jangka waktu pendek seperti satu minggu. Rencana operasi jangka pendek harusnya tidak terlepas dari apa yang telah direncanakan dalam jangka menengah, misalnya dalam menyusun jadwal pemeliharaan unit pembangkit tahunan, harus sudah diusahakan agar unit unit pembangkit hidro siap beroperasi sebanyak mungkin pada musim hujan dan unit unit pembangkit termis siap dioperasikan pada musim kemarau.

Untuk PLTA PLTA yang mempunyai waduk tahunan khususnya yang juga dipergunakan untuk irigasi, perencanaan operasinya yang meliputi isi waduk tahunan yaitu rencana operasi jangka menengah yaitu tahunan yang harus dikordinasikan dengan tahunan pemeliharaan pembangkit.

Dari Gambar 2.4 persamaan $\left[\frac{\partial q(PH)}{\partial PH} \right]^{[2]}$ mencapai maximal jika δPH menjadi besar, artinya tinggi terjun PLTA atau DMA dalam waduk tahunan sedang mencapai titik yang paling tinggi. Dari persamaan itu diharapkan juga pemakaian air yang ada, digunakan seefektif mungkin untuk melayani kebutuhan beban. Jadi PLTA harus bekerja sebanyak mungkin pada saat tinggi terjunnya setinggi mungkin dan harus diperhatikan juga adalah DMAnya agar tidak membahayakan waduk saat DMA mencapai titik tertinggi dan mencegah terjadinya pelimpasan air.

Dalam perencanaan operasi jangka menengah harus pula DMA yang optimum sepanjang tahun dari PLTA PLTA yang mempunyai waduk tahunan dengan memperhatikan kendala kendala yang harus dipenuhi seperti yang telah diuraikan diatas sertajuga memperhatikan jadwal pemeliharaan unit unit pembangkit itu sendiri. Hal ini dapat dilakukan dengan metode DPSA yakni dengan mencoba coba kemungkinan DMA dan kemudian memilih yang paling optimum untuk melayani kebutuhan beban..

- Diakhir musim kemarau atau permulaan musim hujan tinggi air dalam waduk masih harus cukup tinggi agar tetap dapat membangkitkan listrik pada efisiensi tinggi, tapi harus cukup rendah agar dapat menampung air dimusim hujan yang akan datang.

Adapun tujuan pola operasi waduk adalah untuk memanfaatkan air secara optimal dengan cara mengalokasikan secara proporsional sedemikian rupa sehingga tidak terjadi konflik antara kepentingan pembangkitan tenaga listrik dan pengendalian banjir pada musim hujan. Adapun pola operasi perdekade dalam satu tahun selama Januari 2000 sampai dengan Desember 2004.

TABEL 3.1
POLA OPERASI PLTA WADUK SELOREJO TAHUN 2000

THN	BLN	DKD	INFLOW (m ³ /dt)	ELEVASI (m)	OUTFLOW (m ³ /dt)	ENERGI (MWh)	Terbuang	
							Tailrace (m ³ /dt)	Spillway (m ³ /dt)
2000	Jan	1	13.22	610.64	14.8	3,163.47	5.55	0
		2	12.96	609.68	14.8	3,148.33	5.55	0
		3	16.11	610.44	14.8	3,160.31	5.55	0
	Peb	1	14.96	610.52	14.8	3,161.57	5.55	0
		2	15.1	611.82	12.5	1,900.38	3.25	0
		3	16.06	613.26	12.5	1,814.08	3.25	0
	Mar	1	15.54	614.74	12	1,702.05	2.75	0
		2	13.87	615.88	11	1,311.69	1.75	0
		3	13.97	617.06	11	1,319.40	1.75	0
	Apr	1	12.72	618.03	10	990.09	0.75	0
		2	12.96	619	10	994.86	0.75	0
		3	12.76	620	9.72	916.43	0.47	0
	Mei	1	10.87	620.87	8	508.13	0	0
		2	9.91	621.44	8	507.56	0	0
		3	9.59	622	7.9	489.65	0	0
	Jun	1	9.13	621.74	10	1,008.42	0.75	0
		2	8.5	621.28	10	1,008.14	0.75	0
		3	7.91	620.65	10	1,003.01	0.75	0
	Jul	1	7.83	620	10	999.80	0.75	0
		2	7.41	619.48	9	721.83	0	0
		3	7	618.97	8.4	582.51	0	0
	Agt	1	6.64	618.39	8.4	580.84	0	0
		2	6.15	617.62	8.4	578.62	0	0
		3	6.33	616.81	8.4	576.29	0	0
	Sept	1	6.19	616.08	8.2	533.20	0	0
		2	5.86	616.16	8.2	533.41	0	0
		3	6.32	615.42	8.2	531.45	0	0
	Okt	1	6.02	613.59	8	488.10	0	0
		2	6.35	612.86	8	486.32	0	0
		3	6.79	611.98	8.6	604.71	0	0
	Nop	1	6.53	610.74	9	691.02	0	0
		2	7.47	608.83	11	1,266.27	1.75	0
		3	8.53	606.01	12	1,629.22	2.75	0
	Des	1	9.94	606.62	9	676.80	0	0
		2	9.46	606.93	9	677.86	0	0
		3	9.89	607.57	9	680.06	0	0
TOTAL			356.85		362.62	41,041.88	44.42	0

TABEL 3.3
POLA OPERASI PLTA WADUK SELOREJO TAHUN 2002

THN	BLN	DKD	INFLOW (m ³ /dt)	ELEVASI (m)	OUTFLOW (m ³ /dt)	ENERGI (MWh)	Terbuang	
							Taillrace (m ³ /dt)	Spillway (m ³ /dt)
2002	Jan	1	13.07	615.4	12	1,707.64	2.75	0
		2	12.37	615.55	12	1,708.92	2.75	0
		3	15.71	616.5	13.4	2,405.27	4.15	0
	Peb	1	14.98	617.02	13.55	2,494.81	4.3	0
		2	15.38	617.51	14	2,763.01	4.75	0
		3	16.02	617.95	14.5	3,081.80	5.25	0
	Mar	1	15.53	618.46	14	2,776.00	4.75	0
		2	13.82	618.72	13	2,216.91	3.75	0
		3	14.08	619.11	13	2,221.18	3.75	0
	Apr	1	12.9	619.41	12	1,741.89	2.75	0
		2	13.22	619.81	12	1,745.33	2.75	0
		3	12.52	619.98	12	1,746.79	2.75	0
	Mai	1	11.02	620.89	8	506.18	0	0
		2	9.88	621.46	8	507.81	0	0
		3	9.6	621.99	8	508.94	0	0
	Jun	1	9.16	621.89	9.2	781.46	0	0
		2	8.55	621.69	9.2	780.69	0	0
		3	7.95	621.31	9.2	779.23	0	0
	Jul	1	7.86	620.91	9.2	777.69	0	0
		2	7.41	620.37	9.2	775.61	0	0
		3	7.09	619.64	9.2	772.82	0	0
	Agt	1	6.8	618.85	9.2	769.80	0	0
		2	6.16	617.84	9.2	765.95	0	0
		3	6.34	616.71	9.2	761.66	0	0
	Sept	1	6.32	615.68	9.1	732.76	0	0
		2	6	614.45	9.1	728.28	0	0
		3	6.42	613.32	9.1	724.17	0	0
	Okt	1	6.06	611.92	9.2	743.64	0	0
		2	6.38	610.51	9.2	738.40	0	0
		3	6.84	609.1	9.2	733.17	0	0
	Nop	1	6.55	607.53	9.2	727.39	0	0
		2	7.47	606.38	9.2	723.17	0	0
		3	8.6	605.98	9.2	721.71	0	0
	Des	1	8.74	606.45	8.06	481.79	0	0
		2	8.35	606.55	8.2	508.25	0	0
		3	8.99	607.25	8.03	478.23	0	0
TOTAL			354.14		369.04	43,138.12	44.45	0

TABEL 3.5
POLA OPERASI PLTA WADUK SELOREJO TAHUN 2004

THN	BLN	DKD	INFLOW (m ³ /dt)	ELEVASI (m)	OUTFLOW (m ³ /dt)	ENERGI (MWh)	Terbuang	
							Tailrace (m ³ /dt)	Spillway (m ³ /dt)
2004	Jan	1	11.5	608.35	9.72	864.64	0.47	0
		2	10.7	609	9.58	829.72	0.33	0
		3	14	611.7	9.34	778.07	0.09	0
	Peb	1	14.2	613.3	10.61	1,159.43	1.36	0
		2	14.2	614.8	10.5	1,131.44	1.25	0
		3	14.8	616.2	10.13	1,020.76	0.88	0
	Mar	1	13.8	617.4	10.24	1,061.41	0.99	0
		2	13.3	618.3	10.51	1,154.65	1.26	0
		3	12.8	619.05	10.52	1,162.32	1.27	0
	Apr	1	12.1	619.55	10.43	1,134.94	1.18	0
		2	12.3	620.25	9.85	955.71	0.6	0
		3	11.6	621	8.78	674.06	0	0
	Mei	1	10.3	621.5	8.42	594.19	0	0
		2	9.6	621.8	8.47	605.99	0	0
		3	8.9	622	8.22	553.24	0	0
	Jun	1	8.4	621.97	8.5	613.12	0	0
		2	7.7	621.76	8.5	612.49	0	0
		3	7.5	621.5	8.5	611.70	0	0
	Jul	1	7.5	621.23	8.5	610.89	0	0
		2	7.1	620.86	8.5	609.77	0	0
		3	6.6	620.3	8.5	608.08	0	0
	Agt	1	6.4	619.56	9	722.11	0	0
		2	6	618.67	9	718.93	0	0
		3	6	617.64	9	715.27	0	0
	Sept	1	5.9	616.6	9	711.58	0	0
		2	5.5	615.34	9	707.12	0	0
		3	5.7	614.09	9	702.72	0	0
	Okt	1	5.9	612.75	9	698.02	0	0
		2	5.9	611.31	9	693.00	0	0
		3	6.6	609.99	9	688.41	0	0
	Nop	1	6.5	608.39	9.25	742.81	0	0
		2	7.1	607	9.25	737.61	0	0
		3	7.9	606.08	9.25	734.19	0	0
	Des	1	8.8	607.4	8.21	512.36	0	0
		2	8.4	607.5	8.25	520.33	0	0
		3	9.2	608.2	8.22	516.36	0	0
TOTAL			330.7		329.75	27,467.45	9.68	0

- a. Mengurangi Q_{out} mendekati $9.25 \text{ m}^3/\text{detik}$ pada musim hujan, dengan ketentuan bahwa tidak terjadi Spill Out pada SpillWay, mengingat kapasitas maximum terowongan Pait untuk mengalirkan hanya $9.25 \text{ m}^3/\text{detik}$.
- b. Menaikan Q_{out} mendekati $9.25 \text{ m}^3/\text{detik}$ pada musim kemarau, sehingga akan didapatkan debit yang stabil sepanjang tahun yaitu $9.25 \text{ m}^3/\text{detik}$.

TABEL 3.6
DATA AKTUAL OPERASI PLTA WADUK SELOREJO TAHUN 2000

THN	BLN	DKD	INFLOW (m ³ /dt)	ELEVASI (m)	OUTFLOW (m ³ /dt)	ENERGI	Terbuang	
							Taillrace (m ³ /dt)	Spillway (m ³ /dt)
2000	Jan	1	14.18	619.02	14.85	3,297.88	5.55	0.05
		2	12.54	618.35	14.85	3,286.81	5.55	0.05
		3	21.54	620.71	14.85	3,325.20	5.55	0.05
	Peb	1	19.74	620.26	12.31	1,891.02	3.06	0
		2	17.01	620.46	16.2	3,321.12	5.55	1.4
		3	17.71	621.1	19.06	3,331.57	5.55	4.26
	Mar	1	16.85	620.01	17.31	3,313.78	5.55	2.51
		2	15.96	620.06	15.83	3,314.80	5.55	1.03
		3	16.92	620.03	17.03	3,314.11	5.55	2.23
	Apr	1	15.76	620.1	15.57	3,315.25	5.55	0.77
		2	17.54	620.17	17.38	3,316.39	5.55	2.58
		3	16.45	620.55	14.79	3,315.75	5.54	0
	Mei	1	14.63	620.8	13.81	2,693.51	4.56	0
		2	13.31	621.54	10.84	1,289.78	1.59	0
		3	12.85	621.88	11.76	1,657.60	2.51	0
	Jun	1	12.75	621.78	12.96	2,229.48	3.71	0
		2	10.11	621.67	10.55	1,187.77	1.3	0
		3	9.41	621.35	10.55	1,185.90	1.3	0
	Jul	1	8.53	620.8	10.42	1,138.62	1.17	0
		2	8.22	620.55	9.25	789.32	0	0
		3	8.38	620.29	9.25	788.31	0	0
	Agt	1	7.58	619.8	9.25	786.40	0	0
		2	7.45	619.26	9.25	784.30	0	0
		3	8.36	618.92	9.25	782.98	0	0
	Sept	1	7.38	617.96	10.25	1,067.56	1	0
		2	7.31	616.98	10.03	994.03	0.78	0
		3	7.74	616.32	9.55	852.45	0.3	0
	Okt	1	6.71	614.9	10.4	1,099.30	1.15	0
		2	9.16	614.64	9.76	903.66	0.51	0
		3	7.52	612.68	11.69	1,555.09	2.44	0
	Nop	1	9.3	612.56	8.61	808.64	0	0
		2	10.53	612.75	10.89	1,252.28	1.64	0
		3	9.16	610.89	12.26	1,782.75	3.01	0
	Des	1	8.68	610.19	10.06	969.71	0.81	0
		2	9.43	609.92	9.93	930.54	0.68	0
		3	6.8	608.43	9.2	730.70	0	0
TOTAL			423.5		439.8	66,403.95	92.56	14.93
							24.18	

TABEL 3.7
DATA AKTUAL OPERASI PLTA WADUK SELOREJO TAHUN 2001

THN	BLN	DKD	INFLOW (m3/dt)	ELEVASI (m)	OUTFLOW (m3/dt)	ENERGI	Terbuang	
							Taillrace (m3/dt)	Spillway (m3/dt)
2001	Jan	1	11.24	609.77	9.04	697.08	0	0
		2	10.05	609.37	10.79	1,196.94	1.54	0
		3	14.24	611.73	10.03	968.33	0.78	0
	Peb	1	21.43	615.6	12.33	1,857.13	3.08	0
		2	19.51	617.7	13.83	2,664.42	4.58	0
		3	13.58	617.9	12.86	2,136.14	3.61	0
	Mar	1	13.94	618.41	12.37	1,901.88	3.12	0
		2	13.1	618.97	11.46	1,509.83	2.21	0
		3	17.79	620.4	13.5	2,508.29	4.25	0
	Apr	1	15.24	620.22	16.15	3,317.20	5.55	1.35
		2	15.03	620.86	12.99	2,235.15	3.74	0
		3	11.64	620.82	11.79	1,661.87	2.54	0
	Mei	1	11.08	620.97	10.55	1,183.68	1.3	0
		2	9.49	621.39	8.06	519.23	0	0
		3	9.63	621.87	7.67	446.83	0	0
	Jun	1	10.98	621.76	11.37	1,494.26	2.12	0
		2	9.57	621.35	10.91	1,314.21	1.66	0
		3	8.32	620.93	9.49	855.46	0.24	0
	Jul	1	7.59	620.44	9.25	788.90	0	0
		2	8.27	620.14	9.25	787.73	0	0
		3	8.3	619.81	9.25	786.44	0	0
	Agt	1	7.26	619.19	9.25	784.03	0	0
		2	6.96	618.43	9.25	781.08	0	0
		3	6.97	617.57	9.25	777.75	0	0
	Sept	1	7.03	616.77	9.25	774.66	0	0
		2	6.85	615.97	8.95	697.32	0	0
		3	6.97	615.12	9.12	735.66	0	0
	Okt	1	10.57	615.64	8.89	681.94	0	0
		2	9.03	615.57	9.25	770.05	0	0
		3	12.71	615.83	12.12	1,764.15	2.87	0
	Nop	1	8.2	615.31	9.53	842.74	0.28	0
		2	11.39	615.28	10.17	1,028.44	0.92	0
		3	8.31	614.14	12.43	1,889.78	3.18	0
	Des	1	9.95	614.25	9.69	882.21	0.44	0
		2	8.13	613.71	9.41	804.15	0.16	0
		3	10.16	614.03	9.41	805.44	0.16	0
TOTAL			300.61		378.91	44,850.38	48.33	1.35
							49.68	

TABEL 3.8
DATA AKTUAL OPERASI PLTA WADUK SELOREJO TAHUN 2002

THN	BLN	DKD	INFLOW (m3/dt)	ELEVASI (m)	OUTFLOW (m3/dt)	ENERGI	Terbuang	
							Tailrace (m3/dt)	Spillway (m3/dt)
2002	Jan	1	11.15	614.73	9.71	889.94	0.46	0
		2	11	614.99	6.35	241.32	0	0
		3	17.62	617.36	11.9	1,680.77	2.65	0
	Peb	1	29.6	620.45	15.2	3,320.96	5.55	0.4
		2	30.26	620.94	28.4	3,328.96	5.55	13.6
		3	19.56	620.14	22.77	3,315.90	5.55	7.97
	Mar	1	15.74	620.36	15.13	3,319.49	5.55	0.33
		2	16.11	620.76	14.72	3,271.52	5.47	0
		3	14.59	620.97	14.08	2,859.78	4.83	0
	Apr	1	13.34	620.86	13.54	2,536.77	4.29	0
		2	14.03	620.69	13.7	2,627.16	4.45	0
		3	11.5	621.44	10.38	1,128.84	1.13	0
	Mei	1	11.3	620.84	13.39	2,451.73	4.14	0
		2	10.97	621.43	9.01	731.31	0	0
		3	9.15	620.84	7.37	393.19	0	0
	Jun	1	8.86	621.87	9.24	791.86	0	0
		2	8.06	621.52	9.24	790.49	0	0
		3	7.82	621.11	9.2	778.46	0	0
	Jul	1	7.57	620.63	9.14	761.17	0	0
		2	7.61	620.15	9.2	774.77	0	0
		3	7.32	619.49	9.2	772.24	0	0
	Agt	1	7.18	618.43	9.2	768.19	0	0
		2	6.74	617.97	9.2	766.44	0	0
		3	6.37	616.88	9.2	762.30	0	0
	Sept	1	6.49	615.88	9.11	735.97	0	0
		2	6.27	614.76	9.1	729.40	0	0
		3	6.2	613.53	9.1	724.93	0	0
	Okt	1	5.9	612.04	9.19	741.61	0	0
		2	5.9	610.37	9.2	737.88	0	0
		3	6.05	608.44	9.16	721.03	0	0
	Nop	1	7.26	607.63	8.5	570.72	0	0
		2	7.93	607.14	8.5	569.30	0	0
		3	9.12	607.69	8.5	570.89	0	0
	Des	1	9.68	608.42	8.5	573.00	0	0
		2	8.61	608.52	8.5	573.29	0	0
		3	12.91	610.99	9.01	694.25	0	0
TOTAL			395.77		394.84	47,005.83	49.62	22.3
							71.92	

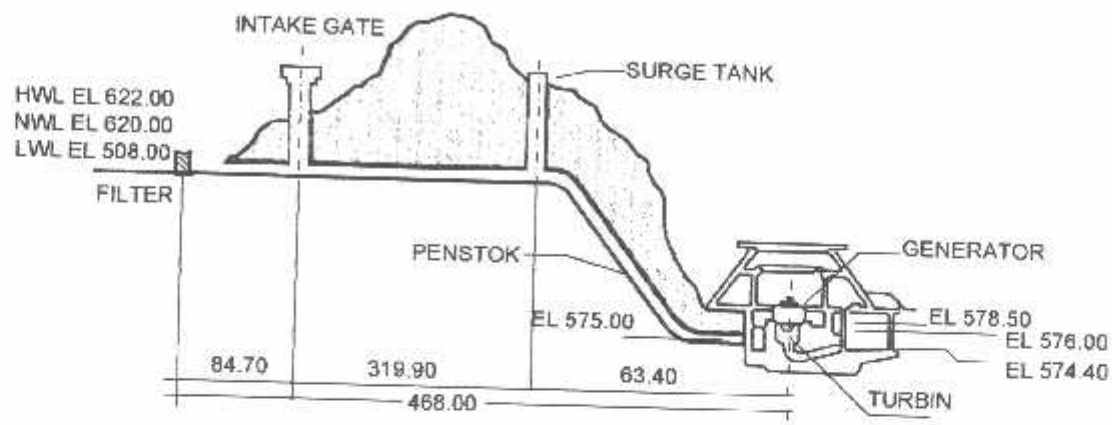
TABEL 3.9
DATA AKTUAL OPERASI PLTA WADUK SELOREJO TAHUN 2003

THN	BLN	DKD	INFLOW (m ³ /dt)	ELEVASI (m)	OUTFLOW (m ³ /dt)	ENERGI	Terbuang	
							Tailrace (m ³ /dt)	Spillway (m ³ /dt)
2003	Jan	1	10.87	610.29	12.13	1,720.41	2.88	0
		2	7	609	9.45	795.66	0.2	0
		3	8.93	609.73	7.5	392.49	0	0
	Peb	1	12.45	613.34	5.52	155.35	0	0
		2	14.92	616.16	8.19	531.42	0	0
		3	19.23	618.24	11.63	1,573.69	2.38	0
	Mar	1	18.31	619.45	14.5	3,104.66	5.25	0
		2	15.78	619.88	14.5	3,111.24	5.25	0
		3	10.77	619.62	11.5	1,530.91	2.25	0
	Apr	1	9.82	619.96	8.45	596.15	0	0
		2	8.06	620.29	7.21	366.49	0	0
		3	7.66	621.06	5.24	137.50	0	0
	Mei	1	9.12	621.75	6.83	312.45	0	0
		2	8.14	621.63	8.45	601.10	0	0
		3	7.23	621.82	5.57	166.65	0	0
	Jun	1	6.81	621.42	8.55	622.58	0	0
		2	6.53	620.96	8.05	516.15	0	0
		3	6.75	620.69	7.31	383.13	0	0
	Jul	1	5.98	620.38	6.83	310.33	0	0
		2	5.89	620.16	6.37	250.05	0	0
		3	5.82	619.7	7.06	342.51	0	0
	Agt	1	5.55	619.87	7.48	409.55	0	0
		2	5.24	618.33	7.48	406.43	0	0
		3	5.72	617.55	7.97	492.13	0	0
	Sept	1	5.75	616.65	8.04	503.28	0	0
		2	5.61	615.72	8.04	500.95	0	0
		3	5.28	614.63	8.09	507.82	0	0
	Okt	1	5.82	613.46	8.71	633.47	0	0
		2	4.66	611.43	9.19	739.35	0	0
		3	5.69	610.01	8.2	517.21	0	0
	Nop	1	5.54	608.48	8.2	513.24	0	0
		2	8.91	608.81	8.2	514.09	0	0
		3	10.17	608.78	10.27	1,025.81	1.02	0
	Des	1	9.37	608.63	9.61	836.15	0.36	0
		2	6.76	606.27	10.25	1,006.87	1	0
		3	7.96	606.66	7.43	375.45	0	0
TOTAL			304.1		308	26,502.74	20.59	0
							20.59	

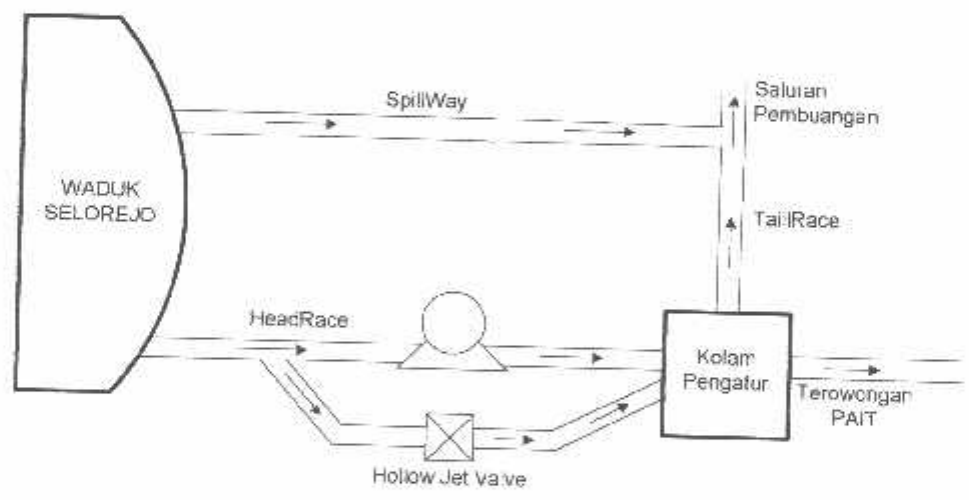
TABEL 3.10
DATA AKTUAL OPERASI PLTA WADUK SELOREJO TAHUN 2004

THN	BLN	DKD	INFLOW (m3/dt)	ELEVASI (m)	OUTFLOW (m3/dt)	ENERGI	Terbuang	
							Tailrace (m3/dt)	Spillway (m3/dt)
2004	Jan	1	7.49	607.51	6.22	218.02	0	0
		2	9.23	609.2	6.36	235.52	0	0
		3	12.02	610.93	9.04	701.16	0	0
	Peb	1	16.97	614.18	9.73	893.12	0.48	0
		2	14.08	616.14	8.9	686.00	0	0
		3	16.48	617.39	12.4	1,906.37	3.15	0
	Mar	1	16.8	618.68	12.51	1,971.05	3.26	0
		2	22.64	620.89	13.8	2,688.75	4.55	0
		3	14.62	621	14.1	2,872.61	4.85	0
	Apr	1	12.87	620.76	13.68	2,616.38	4.43	0
		2	10.46	620.09	12.85	2,154.22	3.6	0
		3	10.72	620.66	8.67	647.37	0	0
	Mei	1	10.05	621.09	8.5	610.46	0	0
		2	9.84	621.56	6.73	298.29	0	0
		3	9.93	621.95	7.95	499.12	0	0
	Jun	1	7.22	621.27	9.61	890.57	0.36	0
		2	7.58	621.04	8.58	628.13	0	0
		3	7.01	620.63	8.58	626.86	0	0
	Jul	1	6.84	620.24	8.35	575.54	0	0
		2	7.1	619.99	8.02	507.81	0	0
		3	5.98	619.48	7.5	412.14	0	0
	Agt	1	5.64	618.93	7.5	411.01	0	0
		2	5.62	618.34	7.5	409.81	0	0
		3	5.37	617.58	7.5	408.26	0	0
	Sept	1	5.59	616.76	7.96	488.31	0	0
		2	7.54	616.18	9.22	764.73	0	0
		3	7.24	614.98	10.16	1,023.81	0.91	0
	Okt	1	6.68	613.36	10.04	979.25	0.79	0
		2	5.95	611.25	10.16	1,004.90	0.91	0
		3	5.88	609.66	9.03	694.33	0	0
	Nop	1	6.76	608.38	9.01	685.18	0	0
		2	6.52	606.89	9.25	737.20	0	0
		3	13.27	608.09	10.03	950.77	0.78	0
	Des	1	17.17	609.82	14.24	2,800.91	4.99	0
		2	10.16	608.37	12.39	1,818.04	3.14	0
		3	13.99	609.2	12.63	1,935.86	3.38	0
TOTAL			359.31		348.7	37,751.86	39.58	0
							39.58	

3.5 Data Data Teknis PLTA Selorejo



Gambar 3.1
Skema potongan Memanjang PLTA Selorejo.

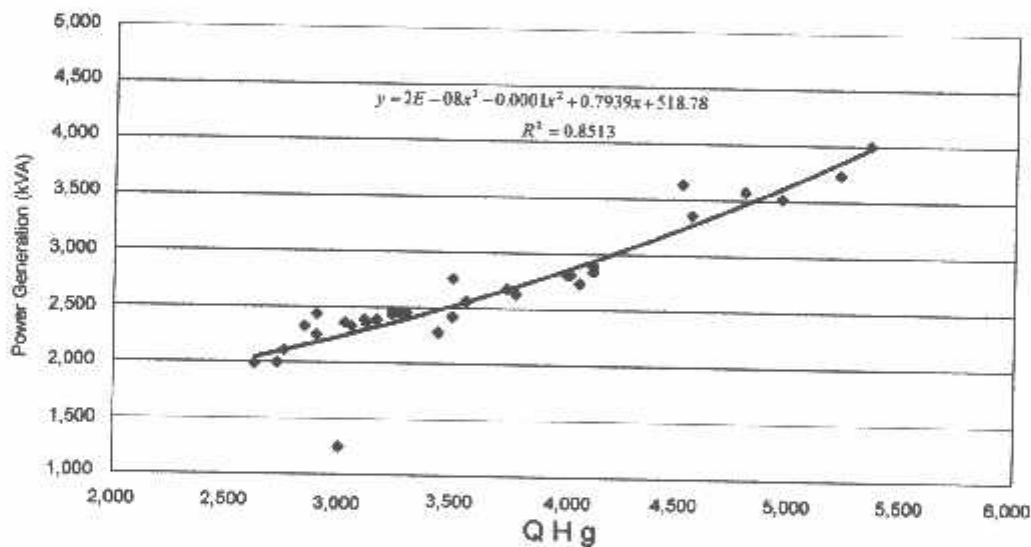


Gambar 3.2
Skema Saluran Air Pada Waduk dan PLTA Selorejo.

Terowongan Pait	: 9.25 m ³ /detik (Mendalan Intake)
Hollow Jet Valve	: 9.25 m ³ /detik (dibuka pada saat turbin PLTA Selorejo dalam keadaan Off)
Spillway	: Saluran pembuangan apabila waduk dalam keadaan penuh
Saluran Pembuangan	: Saluran pembuangan kesungai Konto

3.6 Hubungan Antara Elevasi dan Daya PLTA Waduk Selorejo.

Untuk menentukan besarnya daya yang dibangkitkan terhadap debit pembangkitan dan elevasi waduk, maka dapat digunakan kurva efisiensi dari PLTA Waduk Selorejo yang diperoleh dari Perum Jasa Tirta sepereti pada grafik dibawah ini :



Grafik 3.1

Kurva Hubungan Elevasi – Generator Output dan Debit Pembangkitan Pada PLTA Waduk Selorejo

3.7 Volume Air Waduk Selorejo

Pada bagian ini akan diberikan keterangan mengenai Volume air Waduk Selorejo pada setiap Elevasi.

TABEL 3.11
VOLUME WADUK PADA SETIAP ELEVASI

ELEVASI (m)	VOLUME (m³)	ELEVASI (m)	VOLUME (m³)
605.9	10316577.48	614	24336536.48
606	10433272.49	614.1	24567138.48
606.1	10570991.45	614.2	24791284.4
606.2	10699739.25	614.3	25020860.2
606.3	10829520.82	614.4	25251911.9
606.4	10960341.07	614.5	25484445.48
606.5	11092204.94	614.6	25718466.98
606.6	11225117.38	614.7	25953982.42
606.7	11359083.36	614.8	26190997.86
606.8	11494107.85	614.9	26429519.34
606.9	11630195.84	615	26669552.95
607	11767352.35	615.1	26911104.77
607.1	11905582.38	615.2	27154180.91
607.2	12044890.97	615.3	27398787.46
607.3	12185283.15	615.4	2744930.56
607.4	12326764	615.5	27892616.36
607.5	12469338.57	615.6	28141851
607.6	12613011.96	615.7	28392640.64
607.7	12758889.26	615.8	28644991.48
607.8	12903675.58	615.9	28898909.7
607.9	13050676.05	616	29154401.51
608	13198795.81	616.1	29411473.13
608.1	13348039.99	616.2	29670130.79
608.2	13496413.79	616.3	29930380.75
608.3	13649922.35	616.4	30192229.25
608.4	13802570.88	616.5	30455682.58
608.5	13965364.59	616.6	30720747.02
608.6	14111308.69	616.7	30987428.87
608.7	14267408.41	616.8	31255734.44
608.8	14424668.99	616.9	31525670.07
608.9	14583095.71	617	31797242.09
609	14742693.81	617.1	32070456.85
609.1	14903468.6	617.2	32345320.73
609.2	15065425.37	617.3	32621840.1
609.3	15288529.43	617.4	32900021.37
609.4	15392906.1	617.5	33179870.92
609.5	15558440.72	617.6	33481395.19
609.6	15725178.65	617.7	33744600.61
609.7	15893125.25	617.8	34020493.63
609.8	16062285.89	617.9	34316080.71
609.9	16232665.98	618	34604368.31
610	16404270.9	618.1	34894362.94

610.1	16577106.09	618.2	35186071.09
610.2	16751176.97	618.3	35479499.27
610.3	16926488.99	618.4	35774654.02
610.4	17103047.61	618.5	36071541.86
610.5	17281858.3	618.6	36370169.37
610.6	17459926.53	618.7	36670543.1
610.7	17640257.82	618.8	36972669.63
610.8	17821857.68	618.9	37276555.57
610.9	18004731.62	619	37582207.51
611	18188885.19	619.1	37889632.09
611.1	18374323.94	619.2	38198835.93
611.2	18561053.43	619.3	38509825.68
611.3	18749079.24	619.4	38822608.01
611.4	18938406.97	619.5	39137189.58
611.5	19129042.22	619.6	39453577.24
611.6	19320990.61	619.7	39771777.24
611.7	19514257.77	619.8	40091796.74
611.8	19708849.34	619.9	40413624.33
611.9	19904770.99	620	40733320.73
612	20102028.39	620.1	42062838.71
612.1	20200627.21	620.2	41390203.04
612.2	20500537.17	620.3	41719420.5
612.3	20711871.97	620.4	42050497.88
612.4	20904529.35	620.5	42383441.99
612.5	21108551.02	620.6	42718259.65
612.6	21313942.76	620.7	43054957.7
612.7	21250710.33	620.8	43393542.99
612.8	21728859.5	620.9	43734022.38
612.9	21938396.06	621	44076402.74
613	22149325.83	621.1	44450690.96
613.1	22361645.62	621.2	44766893.95
613.2	22575388.26	621.3	45115018.61
613.3	22790532.61	621.4	45465071.89
613.4	23007093.51	621.5	45817060.72
613.5	23225076.85	621.6	46170992.05
613.6	23444488.5	621.7	46526872.86
613.7	23665664.38	621.8	46884710.13
613.8	23887620.38	621.9	47244510.85
613.9	24111352.43	622	47606282.04

4.2 Algoritma Perhitungan Optimasi PLTA Selorejo

1. Menentukan Elevasi awal.
2. Memasukan data Inflow untuk PLTA Selorejo.
3. Menentukan perhitungan pada $T = 1$.
4. Menentukan Volume waduk pada awal perhitungan dengan membaca table yang menyatakan hubungan Elevasi dan Volume.
5. Menghitung Q_{out} , Volume akhir waduk dengan rumus :

$$Q_{out} = Q_{in} - \frac{V_1 - V_0}{\Delta t}$$

$$\text{Volume akhir} = \text{Volume awal} + (Q_{in} - Q_{out}) * \Delta t$$

Dilakukan pada $x = \text{semua state pada periode } T$.

6. Menentukan Elevasi akhir dengan membaca table yang menyatakan hubungan Elevasi dan Volume.
7. Jika Elevasi akhir $>$ Elevasi max, maka Q_{out} ditambah sedemikian sehingga didapat Elevasi akhir $\leq \text{max}$.
Jika Elevasi akhir $<$ Elevasi max, maka Q_{out} dikurangi sedemikian sehingga didapat elevasi akhir $\geq \text{Elevasi max}$.
8. Menghitung Daya yang dibangkitkan pada elevasi akhir dengan persamaan terlampir pada kurva efisiensi.
9. Menghitung Energi yang mampu dibangkitkan dalam 1 Dekade dengan rumus.

$$\text{Energi} = \text{Daya} * \Delta t$$

10. Melakukan perhitungan pada $T = T + 1$.
11. Menentukan jumlah "N" State yang memungkinkan pada interval $T - 1$.
12. Menghitung Q_{out} , Volume akhir waduk dengan rumus :

$$Q_{out} = Q_{in} - \frac{V_1 - V_0}{\Delta t}$$

$$\text{Volume akhir} = \text{Volume awal} + (Q_{in} - Q_{out}) * \Delta t$$

Dilakukan pada semua $x = \text{State pada periode } T$.

13. Menentukan Elevasi akhir dengan membaca table yang menyatakan hubungan Elevasi dan Volume.

14. Jika Elevasi akhir $>$ Elevasi max, maka Qout ditambah sedemikian sehingga didapat Elevasi akhir \leq max.
Jika Elevasi akhir $<$ Elevasi min, maka Qout dikurangi sedemikian sehingga didapat elevasi akhir \geq Elevasi min.
15. Menghitung Daya yang dibangkitkan pada elevasi akhir dengan persamaan terlampir pada kurva efisiensi.
16. Menghitung Energi yang mampu dibangkitkan dalam 1 Dekade dengan rumus.
$$\text{Energi} = \text{Daya} * \Delta t$$
17. Menyimpan "N" yang menghasilkan Energi terbesar.
18. Menghitung jumlah air yang terbuang di Tailrace.
19. Menghitung jumlah air yang terbuang pada Spillway (jika ada).
20. Melakukan Perhitungan sampai dengan $T = M$, Dekade terakhir.
21. Melakukan Trace Trajectory $\sum E$ terbesar.
22. Cetak hasil.

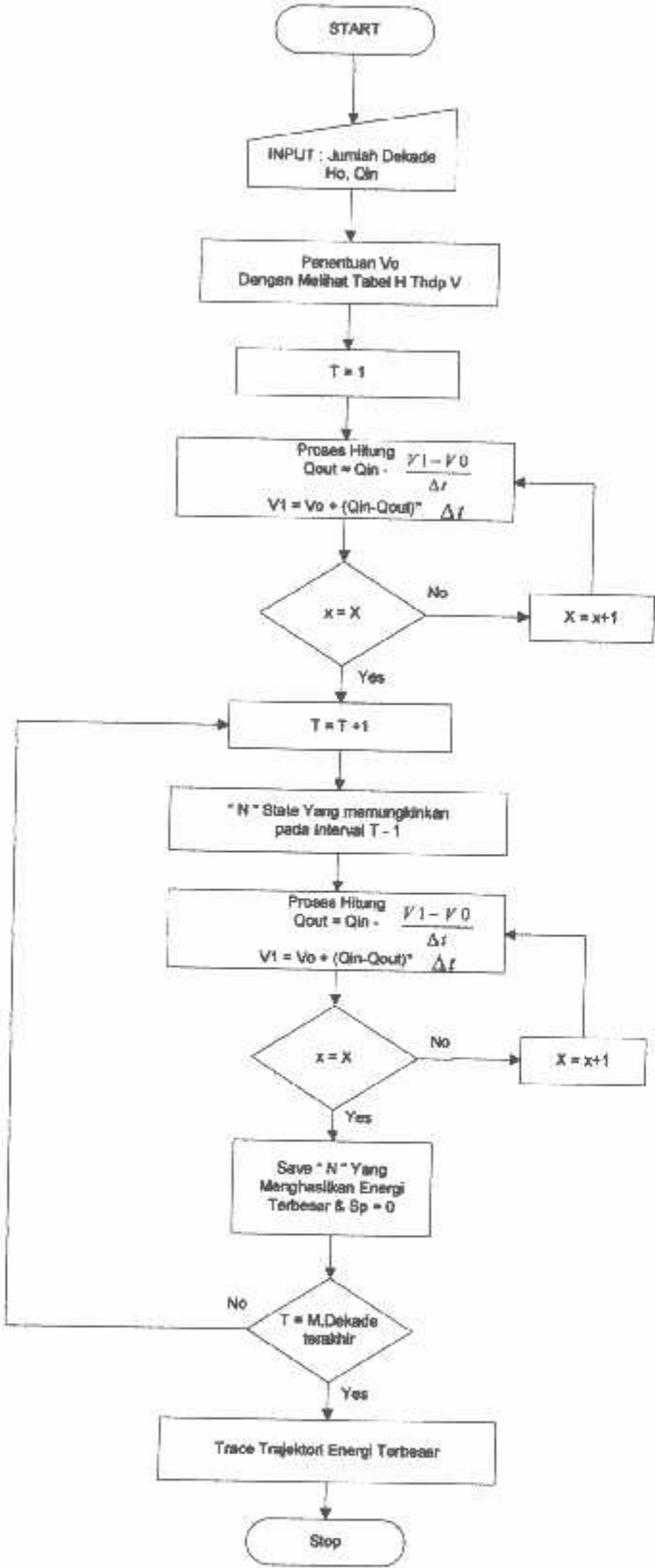
Keterangan :

T = Stage (Dekade).

X = Jumlah state untuk dicari pada tiap periode.

N = Jumlah strategi atau yang memungkinkan untuk disimpan (Save) pada tiap periode.

Flowchart Optimasi PLTA Selorejo Dengan Dynamic Programming



4.3 Hasil Optimasi Waduk Selorejo.

TABEL 4.1
HASIL OPTIMASI WADUK SELOREJO TAHUN 2000

THN	BLN	DKD	INFLOW (m3/dt)	ELEVASI (m)	OUTFLOW (m3/dt)	ENERGI	Terbuang	
							Tailrace (m3/dt)	Spillway (m3/dt)
2000	Jan	1	14.18	618.9	14.5332	3,117.93	5.2832	0
		2	12.54	618.3	14.6163	3,163.24	5.3663	0
		3	21.54	620.2	14.7071	3,253.82	5.4571	0
	Peb	1	19.74	621.5	14.6042	3,205.31	5.3542	0
		2	17.01	622	14.8	3,346.31	5.55	0
		3	17.71	622	14.8	3,346.31	5.55	0
	Mar	1	16.85	622	14.8	3,346.31	5.55	0
		2	15.96	622	14.8	3,346.31	5.55	0
		3	16.92	622	14.8	3,346.31	5.55	0
	Apr	1	15.76	622	14.8	3,346.31	5.55	0
		2	17.54	622	14.8	3,346.31	5.55	0
		3	16.45	622	14.8	3,346.31	5.55	0
	Mei	1	14.63	622	14.63	3,230.52	5.38	0
		2	13.31	621.7	14.5682	3,184.41	5.3182	0
		3	12.85	621.3	14.4924	3,128.02	5.2424	0
	Jun	1	12.75	620.8	14.74841	3,291.45	5.49841	0
		2	10.11	619.6	14.6715	3,220.35	5.4215	0
		3	9.41	618.1	14.6785	3,201.30	5.4285	0
	Jul	1	8.53	616.2	14.5697	3,100.27	5.3197	0
		2	8.22	613.9	14.6581	3,122.17	5.4081	0
		3	8.38	611.3	14.5906	3,038.96	5.3406	0
	Agt	1	7.58	607.6	14.6667	3,030.92	5.4167	0
		2	7.45	606	9.98	926.49	0.73	0
		3	8.36	608.6	4.0987	60.56	0	0
	Sept	1	7.38	607.6	9.1113	706.32	0	0
		2	7.31	609.3	4.2896	69.92	0	0
		3	7.74	608.5	9.208	732.91	0	0
	Okt	1	6.71	607	9.2435	736.02	0	0
		2	9.16	607.1	8.9993	678.28	0	0
		3	7.52	606	9.2296	728.93	0	0
	Nop	1	9.3	606	9.3	746.13	0.05	0
		2	10.53	606	10.53	1,092.06	1.28	0
		3	9.16	607	7.6111	405.03	0	0
	Des	1	8.68	609.6	4.1055	61.18	0	0
		2	9.43	609.7	9.2362	744.31	0	0
		3	6.8	608.4	9.2123	733.59	0	0
TOTAL			423.5		437.29001	79,480.89	121.69491	0
							121.69491	

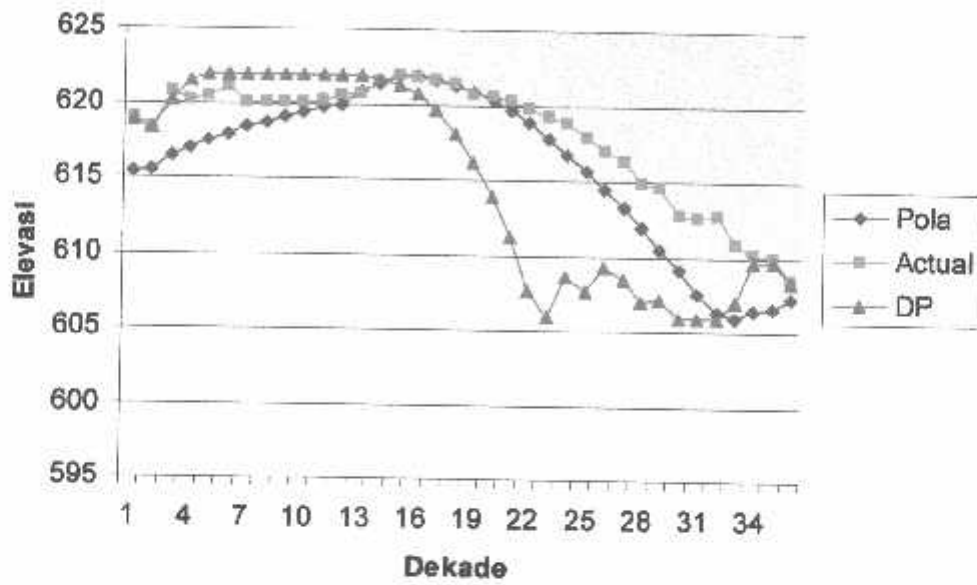
TABEL 4.2
HASIL OPTIMASI WADUK SELOREJO TAHUN 2001

THN	BLN	DKD	INFLOW (m ³ /dt)	ELEVASI (m)	OUTFLOW (m ³ /dt)	ENERGI	Terbuang	
							Tailrace (m ³ /dt)	Spillway (m ³ /dt)
2001	Jan	1	11.24	607.9	14.7162	3,066.83	5.4662	0
		2	10.05	606	13.0863	2,123.11	3.8363	0
		3	14.24	606	14.24	2,747.73	4.99	0
	Peb	1	21.43	609	14.7209	3,086.79	5.4709	0
		2	19.51	612.2	14.5754	3,042.94	5.3254	0
		3	13.58	611.7	14.7218	3,129.29	5.4718	0
	Mar	1	13.94	611.4	14.6063	3,050.46	5.3563	0
		2	13.1	610.7	14.6069	3,040.21	5.3569	0
		3	17.79	612.1	14.7125	3,129.49	5.4625	0
	Apr	1	15.24	612.3	14.7752	3,173.49	5.5252	0
		2	15.03	612.4	14.7953	3,188.26	5.5453	0
		3	11.64	611	14.7827	3,157.88	5.5327	0
	Mei	1	11.08	609.2	14.6867	3,088.04	5.4367	0
		2	9.49	606.1	14.7018	3,030.17	5.4518	0
		3	9.63	606	9.7802	870.77	0.5302	0
	Jun	1	10.98	606	10.98	1,241.40	1.73	0
		2	9.57	606	9.57	814.63	0.32	0
		3	8.32	608.6	4.0587	58.76	0	0
	Jul	1	7.59	610.4	4.1371	62.89	0	0
		2	8.27	612.3	4.1073	62.10	0	0
		3	8.3	611.9	9.2229	749.27	0	0
	Agt	1	7.26	611	9.2451	751.41	0	0
		2	6.96	609.9	9.2198	741.01	0	0
		3	6.97	608.7	9.2377	740.94	0	0
	Sept	1	7.03	607.5	9.1078	705.13	0	0
		2	6.85	606	9.2136	725.06	0	0
		3	6.97	606	6.97	307.33	0	0
	Okt	1	10.57	606	10.57	1,104.82	1.32	0
		2	9.03	606	9.03	681.61	0	0
		3	12.71	606	12.71	1,942.07	3.46	0
	Nop	1	8.2	606	8.2	506.83	0	0
		2	11.39	606	11.39	1,388.82	2.14	0
		3	8.31	608.6	4.0487	58.32	0	0
	Des	1	9.95	609.5	8.2803	531.58	0	0
		2	8.13	611.5	4.0048	57.23	0	0
		3	10.16	614	4.1279	63.61	0	0
TOTAL			390.51		380.9399	56,200.25	83.7282	0
							83.7282	

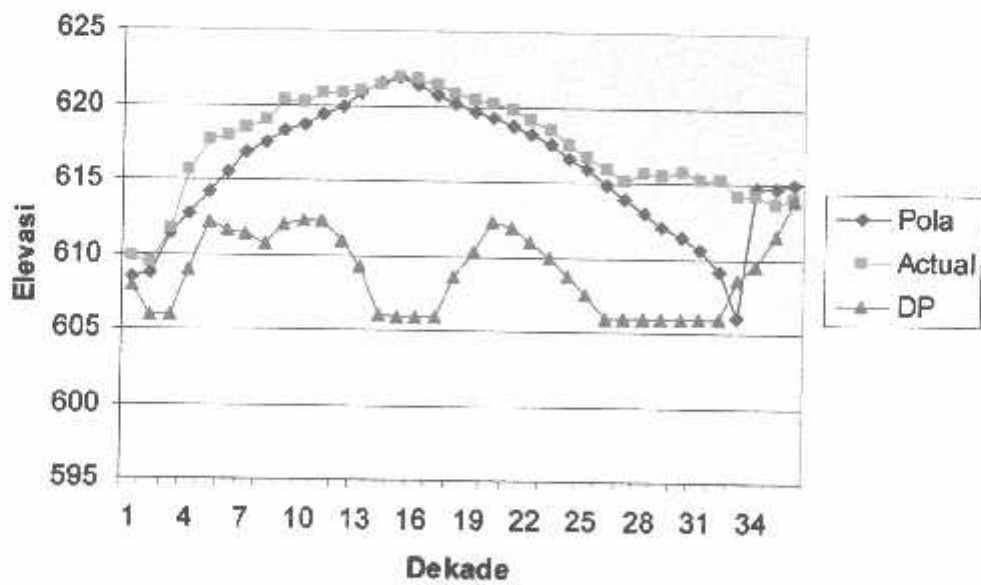
TABEL 4.3
HASIL OPTIMASI WADUK SELOREJO TAHUN 2002

THN	BLN	DKD	INFLOW (m3/dt)	ELEVASI (m)	OUTFLOW (m3/dt)	ENERGI	Terbuang	
							Taillrace (m3/dt)	Spillway (m3/dt)
2002	Jan	1	11.15	613.4	14.5649	3,054.44	5.3149	0
		2	11	611.9	14.5936	3,049.98	5.3436	0
		3	17.62	613.1	14.7743	3,185.58	5.5243	0
	Peb	1	29.6	618.2	14.7575	3,255.72	5.5075	0
		2	30.26	622	14.8	3,346.31	5.55	0
		3	19.56	622	14.8	3,346.31	5.55	0
	Mar	1	15.74	622	14.8	3,346.31	5.55	0
		2	16.11	622	14.8	3,346.31	5.55	0
		3	14.59	622	14.59	3,203.66	5.34	0
	Apr	1	13.34	621.7	14.5982	3,204.44	5.3482	0
		2	14.03	621.6	14.4443	3,101.03	5.1943	0
		3	11.5	620.8	14.7266	3,278.63	5.4766	0
	Mei	1	11.3	619.9	14.7512	3,278.81	5.5012	0
		2	10.97	618.9	14.5966	3,159.59	5.3486	0
		3	9.15	617.3	14.5285	3,090.37	5.2785	0
	Jun	1	8.86	615.4	14.6178	3,119.20	5.3678	0
		2	8.06	612.9	14.6719	3,115.62	5.4219	0
		3	7.82	609.8	14.6168	3,032.82	5.3668	0
	Jul	1	7.57	606	14.0825	2,656.06	4.8325	0
		2	7.61	608.2	4.0563	58.54	0	0
		3	7.32	607.2	9.0023	679.32	0	0
	Agt	1	7.18	609	4.0616	59.01	0	0
		2	6.74	610.4	4.0157	67.39	0	0
		3	6.37	611.5	4.0279	58.25	0	0
	Sept	1	6.49	610.7	8.2115	521.26	0	0
		2	6.27	609.2	9.2426	744.02	0	0
		3	6.2	610.3	4.252	68.39	0	0
	Okt	1	5.9	611.2	4.011	57.41	0	0
		2	5.9	609.6	9.1758	729.10	0	0
		3	6.05	610.6	4.047	58.83	0	0
	Nop	1	7.26	609.7	9.0692	703.77	0	0
		2	7.93	609.1	9.0716	702.21	0	0
		3	9.12	609.1	9.12	713.78	0	0
	Des	1	9.68	609.4	9.1153	713.73	0	0
		2	8.61	609.1	9.1747	727.00	0	0
		3	12.91	611	9.1164	719.76	0	0
TOTAL			395.77		396.8856	67,540.95	102.3647	0
							102.3647	

Grafik 4.1
POLA OPERASI WADUK SELOREJO TAHUN 2000



Grafik 4.2
POLA OPERASI WADUK SELOREJO TAHUN 2001



- Jumlah air yang terbangun sebelum optimasi pada tahun 2004 34197120 m³ dan setelah optimasi sebesar 61074605 m³.
 - Jumlah air yang terbangun sebelum optimasi selama tahun 2000 sampai 2004 249920640 m³ dan setelah optimasi sebesar 364708492 m³.
2. Perbandingan antara jumlah energi yang dihasilkan dan jumlah air yang terbangun selama periode yang sama :
- ❖ Jumlah energi
 - Energi yang dihasilkan setelah optimasi pada tahun 2000 13,076.94 MWh lebih besar atau >19.70% dari energi yang dihasilkan sebelum optimasi.
 - Energi yang dihasilkan setelah optimasi pada tahun 2001 11,349.87 MWh lebih besar atau >25.30% energi yang dihasilkan sebelum optimasi.
 - Energi yang dihasilkan setelah optimasi pada tahun 2002 20,535.12 MWh lebih besar atau >43.60% dari energi yang dihasilkan sebelum optimasi.
 - Energi yang dihasilkan setelah optimasi pada tahun 2003 9,382.62 MWh lebih besar atau >35.40% dari energi yang dihasilkan sebelum optimasi.
 - Energi yang dihasilkan setelah optimasi pada tahun 2004 11,608.91 MWh lebih besar atau >30.70% dari energi yang dihasilkan sebelum optimasi.
 - Energi total yang dihasilkan setelah optimasi pada tahun 2000 - 2004 65,953.46 MWh lebih besar atau >29.60% dari energi yang dihasilkan sebelum optimasi.
 - ❖ Air yang terbangun
 - Air yang terbangun setelah optimasi pada tahun 2000 12273042 m³ lebih banyak atau >13.21% lebih banyak dari air yang terbangun sebelum optimasi
 - Air yang terbangun setelah optimasi pada tahun 2001 29417645 m³ lebih banyak atau >68.53% lebih banyak air dari yang terbangun sebelum optimasi.

- Air yang terbuang setelah optimasi pada tahun 2002 26304221 m³ lebih banyak atau >42.33% lebih banyak dari air yang terbuang sebelum optimasi.
 - Air yang terbuang setelah optimasi pada tahun 2003 19915459 m³ lebih banyak atau >111.94% lebih banyak air dari yang terbuang sebelum optimasi.
 - Air yang terbuang setelah optimasi pada tahun 2004 26877485 m³ lebih banyak atau >78.59% lebih banyak dari air yang terbuang sebelum optimasi.
 - Air yang terbuang setelah optimasi pada tahun 2000 - 2004 114787852 m³ lebih banyak atau >45.92% lebih banyak dari air yang terbuang sebelum optimasi.
3. Ternyata dengan pembangkitan energi yang optimum air yang terbuang lebih besar daripada sebelum optimasi, hal ini sudah sesuai dengan tujuan semula, yaitu dengan sumber daya energi yang minimal mendapat energi keluaran yang maksimal.

5.2 Saran

1. Dalam pengelolaan PLTA Waduk Selorejo, disarankan pihak pengelola (Perum Jasa Tirta atau PLN) agar menggunakan Metode DPSA.
2. Dengan menganalisa data sebelum dan sesudah optimasi, ternyata jumlah air yang terbuang sangat besar, maka sesuai dengan salah satu tujuan kontribusi penelitian adalah untuk memberikan masukan kepada PLN untuk memastikan masih perlu tidaknya membangun terowongan tambahan Pait agar air yang terbuang dapat dimanfaatkan untuk pembangkitan pada PLTA Mendalan dan tetap memiliki nilai ekonomis, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan kelayakannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Allen. J. Wood dan W.F. Bruce, "*Power Generation, Operation and Control*" John Wiley and Sons, 1996
- [2]. Djiteng Marsudi Ir., "*Operasi Sistem Tenaga Listrik*" Balai penerbit dan Humas ISTN, Bumi Srengseng Indah Pasar Minggu, Jakarta selatan, 1996.
- [3]. Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE, "*Catatan Bimbingan Skripsi* ", Institut Teknologi Nasional Malang.
- [4]. Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE, "*Catatan & Diktat Kuliah Pembangkit Energi Elektrik* ", Institut Teknologi Nasional Malang.

LAMPIRAN 1
VALIDASI PROSES PERHITUNGAN DYNAMIC
PROGRAMMING BY SUCCESIVE
APROXIMATION (DPSA)

LAMPIRAN 1
VALIDASI PERHITUNGAN PROSES DYNAMIC PROGRAMMING BY
SUCCESIVE APROXIMATION (DPSA)

Pada dekade 1 bulan Februari 2000 didapat kondisi Qout sebesar $14.6042 \text{ m}^3/\text{dt}$, didapat dengan langkah perhitungan sebagai berikut :

1. Data Input pada dekade 3 Januari 2000
 - Elevasi awal (H_0) : 620.2 m
 - Inflow (Q_{in}) : $19.74 \text{ m}^3/\text{dt}$
2. Untuk mencari Volume awal waduk, data Volume akhir pada dekade 3 Januari 2000 menjadi data Input untuk Volume awal pada dekade 1 februari 2000.

Untuk mendapatkan Volume terhadap Elevasi dengan melihat data tabel 3.11 pada BAB III, maka didapatkan :

$$\text{EL } 620.2 \text{ m} = 41390203.04 \text{ m}^3$$

3. Proses perhitungan dilanjutkan untuk mencari Volume akhir waduk pada dekade 1 Februari 2000 dengan rumus:

$$\begin{aligned}\text{Volume akhir} &= \text{Volume awal} + (Q_{in} - Q_{out}) * \Delta t \\ &= 41390203.04 + (19.74 - 14.6042) * 864000 \\ &= 45827534.24 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Ternyata batasan $V_{min} \leq \text{Volume akhir} \leq V_{max}$ terpenuhi, maka

4. Karena saluran pembuangan pada PLTA Waduk Selorejo terbagi menjadi dua yaitu Tailrace dan Spillway, dan kapasitas pengaliran Tailrace hanya $14.8 \text{ m}^3/\text{dt}$, maka jumlah air yang terbangung ($\sum S$) adalah :

➤ Jika $Q_{out} > 14.8 \text{ m}^3/\text{dt}$, maka :

$$Q_{TR} = 14.8 - 9.25 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{SP} = Q_{out} - 14.8 \text{ m}^3/\text{dt}$$

➤ Jika $Q_{out} < 14.8 \text{ m}^3/\text{dt}$. Maka :

$$Q_{TR} = Q_{out} - 9.25 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{SP} = 0 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Karena $Q_{out} < 14.8 \text{ m}^3/\text{dt}$, maka

$$Q_{TR} = 14.6042 - 9.25 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$= 5.3542$$

$$Q_{SP} = 0 \text{ m}^3/\text{dt}$$

5. Perhitungan dilanjutkan untuk mendapatkan elevasi akhir dengan melihat data volume terhadap elevasi pada tabel 3.11 pada **BAB III** maka :

$$V_1 = 45827534,24 \text{ m}^3 = H_1 = 621,5 \text{ m}$$

6. Perhitungan untuk mendapatkan daya pada elevasi 621,5 m dengan persamaan daya sebagai berikut :

$$P = 2E-08x^3 - 0.0001x^2 + 0.7939x + 518.78$$

$$x = 14.6042 * 621.5 * 9.8$$

$$= 88949.80, \text{ maka}$$

$$P = (0.00000002 * 88949.80^3 - 0.0001 * 88949.80^2 + 0.7939 * 88949.80 + 518.78) / 1000000$$

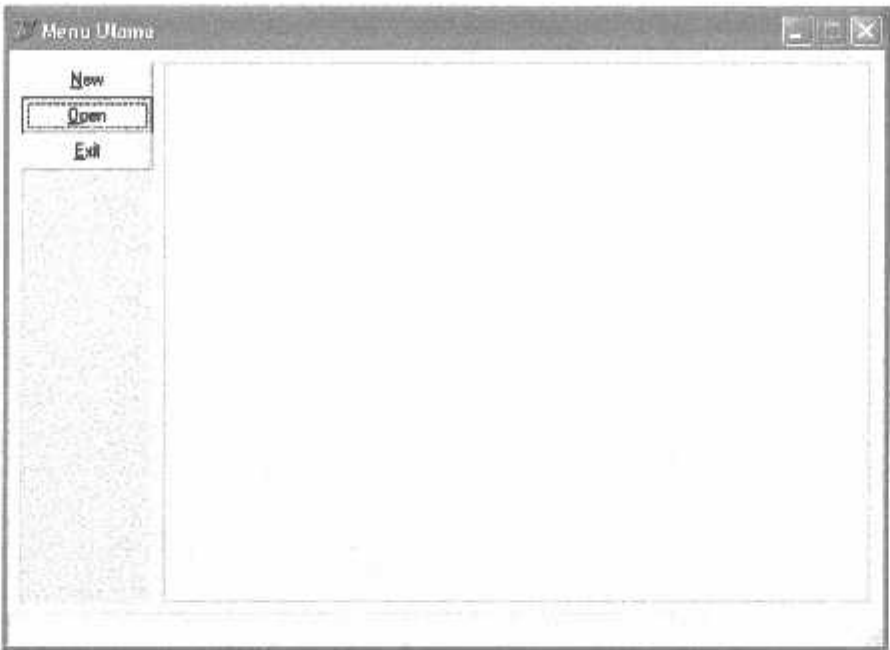
$$= 13.35546473 \text{ MW}$$

$$E = P * \Delta t$$

$$= 13.3554673 * 240$$

$$= 3205.31 \text{ MWH}$$

LAMPIRAN 2
LAYOUT PROGRAM



Tampilan Data

Data General | Data Waduk | Data Inflow dan Data Konst Daya

Jumlah Periode	60	
Jumlah Waduk	1	
Besar Periode	864000	m3/detik
Elevasi Awal	619	m dpl
Elevasi Akhir	609.4	m dpl

Next Tutup

Tampilan Data

Data General		Data Waduk		Data Inflow dan Data Konst Daya	
No	a3	a2	a1	a0	Qmax
1	2E-8	-0.0001	0.7939	516.78	9.25

Next Tutup

Tampilan Data

Data General		Data Waduk		Data Inflow dan Data Konst Daya	
Data Inflow					
No	Inflow (m)				
1	14.18				
2	12.54				
3	21.54				
4	19.74				
5	17.01				
6	17.71				
7	16.85				
8	15.96				
9	16.92				
10	15.76				
11	17.54				
12	16.45				
13	14.63				
14	13.31				

Next Tutup

LAMPIRAN 3
LISTING PROGRAM

```

unit Komplex;

interface

uses SysUtils;

type
  Arr1=array of double;
  Arr2=array of array of double;
  iArr1=array of integer;
  iArr2=array of array of integer;

  TKomplex=class
  private
    re,im:double;
    function GetRe:double;
    function GetIm:double;
    procedure SetRe(const aRe:double);
    procedure SetIm(const aIm:double);
  public
    constructor Create;overload;
    constructor Create(const aRe:double);overload;
    constructor Create(const aRe,aIm:double);overload;
    constructor Create(const aKomplex:TKomplex);overload;
    procedure Assign(const aRe,aIm:double);overload;
    procedure Assign(const aKomplex:TKomplex);overload;
    function doTambah(const aRe,aIm:double):TKomplex;overload;
    function doTambah(const aKomplex:TKomplex):TKomplex;overload;
    function doKurang(const aRe,aIm:double):TKomplex;overload;
    function doKurang(const aKomplex:TKomplex):TKomplex;overload;
    function doKali(const aRe:double):TKomplex;overload;
    function doKali(const aRe,aIm:double):TKomplex;overload;
    function doKali(const aKomplex:TKomplex):TKomplex;overload;
    function doBagi(const aRe,aIm:double):TKomplex;overload;
    function doBagi(const aKomplex:TKomplex):TKomplex;overload;
    function doConj:TKomplex;
    function doNegative:TKomplex;
    function GetAbs:double;
    function GetAngleRad:double;
    function GetAngleDeg:double;
    function doPangkat(const pangkat:double):TKomplex;
    function toStringJ(len:byte):string;
    function toStringI(len:byte):string;
    destructor Destroy;override;
    property xRe:double read GetRe write SetRe;
    property xIm:double read GetIm write SetIm;
  end;

  CArr1=array of TKomplex;
  CArr2=array of array of TKomplex;

function RealToStr(Num:double;Pecahan:byte):String;
function StrToReal(Huruf:string):double;
function Pangkat(Val,pangkat:double):double;

```

implementation

```
function RealToStr(Num:double;Pecahan:byte):String;
var Hasil:String;
    le:byte;
begin
    le:=sizeof(Num);
    Str(Num:le,Pecahan,Hasil);
    Result:=-Hasil;
end;

function Pangkat(Val,pangkat:double):double;
begin
    Result:=exp(Pangkat*ln(Val));
end;

function StrToReal(Huruf:string):double;
var Temp:double;
    Code:integer;
begin
    val(Huruf,Temp,Code);
    Result:=Temp;
end;

//constructor
constructor TKomplex.Create;
begin
    inherited Create;
    re:=0;
    im:=0;
end;

constructor TKomplex.Create(const aRe:double);
begin
    inherited Create;
    re:=aRe;
    im:=0;
end;

constructor TKomplex.Create(const aRe,alm:double);
begin
    inherited Create;
    re:=aRe;
    im:=alm;
end;

constructor TKomplex.Create(const aKomplex:TKomplex);
begin
    inherited Create;
    re:=aKomplex.xRe;
    im:=aKomplex.xIm;
end;

//data accessing
function TKomplex.GetRe:double;
```

```

begin
    result:=re;
end;

function TKomplex.GetIm:double;
begin
    result:=im;
end;

procedure TKomplex.SetRe(const aRe:double);
begin
    re:=aRe;
end;

procedure TKomplex.SetIm(const aIm:double);
begin
    im:=aIm;
end;

procedure TKomplex.Assign(const aRe,aIm:double);
begin
    re:=aRe;
    im:=aIm;
end;

procedure TKomplex.Assign(const aKomplex:TKomplex);
begin
    re:=aKomplex.xRe;
    im:=aKomplex.xIm;
end;

//data processing
function TKomplex.doTambah(const aRe,aIm:double):TKomplex;
begin
    result:=TKomplex.Create;
    result.xRe:=re+aRe;
    result.xIm:=re+aIm;
end;

function TKomplex.doTambah(const aKomplex:TKomplex):TKomplex;
begin
    result:=TKomplex.Create;
    result.xRe:=re+aKomplex.xRe;
    result.xIm:=im+aKomplex.xIm;
end;

function TKomplex.doKurang(const aRe,aIm:double):TKomplex;
begin
    result:=TKomplex.Create;
    result.xRe:=re-aRe;
    result.xIm:=re-aIm;
end;

function TKomplex.doKurang(const aKomplex:TKomplex):TKomplex;
begin

```

```

    result:=TKomplex.Create;
    result.xRe:=re-aKomplex.xRe;
    result.xIm:=im-aKomplex.xIm;
end;

```

```

function TKomplex.doKali(const aRe:double):TKomplex;
var tmpRe,tmpIm:double;
begin
    tmpRe:=re;
    tmpIm:=im;
    result:=TKomplex.Create;
    result.xRe:=tmpRe*aRe;
    result.xIm:=tmpIm*aRe;
end;

```

```

function TKomplex.doKali(const aRe,alm:double):TKomplex;
var tmpRe,tmpIm:double;
begin
    tmpRe:=re;
    tmpIm:=im;
    result:=TKomplex.Create;
    result.xRe:=tmpRe*aRe-tmpIm*alm;
    result.xIm:=tmpRe*alm+tmpIm*aRe;
end;

```

```

function TKomplex.doKali(const aKomplex:TKomplex):TKomplex;
var tmpRe,tmpIm:double;
begin
    tmpRe:=re;
    tmpIm:=im;
    result:=TKomplex.Create;
    result.xRe:=tmpRe*aKomplex.xRe-tmpIm*aKomplex.xIm;
    result.xIm:=tmpRe*aKomplex.xIm+tmpIm*aKomplex.xRe;
end;

```

```

function TKomplex.doBagi(const aRe,alm:double):TKomplex;
var tmpRe,tmpIm:double;
begin
    try
        tmpRe:=re;
        tmpIm:=im;
        result:=TKomplex.Create;
        result.xRe:=(tmpRe*aRe+tmpIm*alm)/(sqr(aRe)+sqr(alm));
        result.xIm:=(tmpIm*aRe-tmpRe*alm)/(sqr(aRe)+sqr(alm));
    except
        raise Exception.Create('Bilangan pembagi nol!');
    end;
end;

```

```

function TKomplex.doBagi(const aKomplex:TKomplex):TKomplex;
var tmpRe,tmpIm:double;
begin
    try
        tmpRe:=re;
        tmpIm:=im;

```

```

    result:=TKomplex.Create;
    result.xRe:=(tmpRe*aKomplex.xRe+tmpIm*aKomplex.xIm)/
      (sqr(aKomplex.xRe)+sqr(aKomplex.xIm));
    result.xIm:=(tmpIm*aKomplex.xRe-tmpRe*aKomplex.xIm)/
      (sqr(aKomplex.xRe)+sqr(aKomplex.xIm));
  except
    raise Exception.Create('Bilangan pembagi nol!');
  end;
end;

```

```

function TKomplex.doConj:TKomplex;
var tmpRe,tmpIm:double;
begin
  tmpRe:=re;
  tmpIm:=-im;
  result:=TKomplex.Create(tmpRe,tmpIm);
end;

```

```

function TKomplex.doNegative:TKomplex;
var tmpRe,tmpIm:double;
begin
  tmpRe:=-re;
  tmpIm:=-im;
  result:=TKomplex.Create(tmpRe,tmpIm);
end;

```

```

function TKomplex.GetAbs:double;
begin
  result:=sqrt(sqr(re)+sqr(im));
end;

```

```

function TKomplex.GetAngleRad:double;
begin
  try
    result:=arctan(im/re);
  except
    raise Exception.Create('Bilangan tidak bisa dicari sudutnya!');
  end;
end;

```

```

function TKomplex.GetAngleDeg:double;
var pi:double;
begin
  try
    pi:=4*arctan(1);
    result:=arctan(im/re)*180/pi;
  except
    raise Exception.Create('Bilangan tidak bisa dicari sudutnya!');
  end;
end;

```

```

function TKomplex.doPangkat(const pangkat:double):TKomplex;
var theta,sum:double;
begin
  try

```

```

    result := TKomplex.Create;
    theta := arctan(im/re);
    sum := exp((pangkat/2)*ln(sqrt(re)+sqrt(im)));
    result.xRe := sum*cos(pangkat*theta);
    result.xIm := sum*sin(pangkat*theta);
except
    raise Exception.Create('Bilangan tidak bisa dipangkatkan!');
end;
end;

function TKomplex.ToStringI(len:byte):string;
begin
    result := RealToStr(re,len);
    if im<0 then
    begin
        result:=result+' - j'+RealToStr(abs(im),len);
    end
    else if im>0 then
    begin
        result:=result+' + j'+RealToStr(abs(im),len);
    end;
end;

function TKomplex.ToStringK(len:byte):string;
begin
    result := RealToStr(re,len);
    if im<0 then
    begin
        result:=result+' - '+RealToStr(abs(im),len)+'i';
    end
    else if im>0 then
    begin
        result:=result+' + '+RealToStr(abs(im),len)+'i';
    end;
end;

//destructor
destructor TKomplex.Destroy;
begin
    inherited Destroy;
end;

end.

```

```

unit Fitness;

interface

uses Komplex,Waduk,Point;

type
  TFitness=class
  private
    FNperiode:integer;
    FWaduk:TWaduk;
    FQin:Array1;
    FElevAwal,FElevAkhir,FdT,FVolAwal,FVolAkhir:double;
    procedure SetNperiode(const dNperiode:integer);
    function GetWaduk:TWaduk;
    procedure SetWaduk(const dWaduk:TWaduk);
    function GetQin:Array1;
    procedure SetQin(const dQin:Array1);
    procedure SetElevAwal(const dElevAwal:double);
    procedure SetElevAkhir(const dElevAkhir:double);
    procedure SetVolAwal(const dVolAwal:double);
    procedure SetVolAkhir(const dVolAkhir:double);
    procedure SetdT(const ddT:double);
  public
    constructor Create;overload;
    constructor Create(const dWaduk:TWaduk;const dQin:Array1;
      const dElevAwal,dElevAkhir,ddT:double);overload;
    constructor Create(const dWaduk:TWaduk;const dQin:Array1;
      const ddT:double);overload;
    procedure doCalcPoint(const djam:integer;
      var dPoint1,dPoint2:TPoint;
      var dQ,dQtrail,dQspill:double;
      var dStatus:boolean);
    destructor Destroy;override;
    property Nperiode:integer read FNperiode write SetNperiode;
    property Waduk:TWaduk read GetWaduk write SetWaduk;
    property Qin:Array1 read GetQin write SetQin;
    property ElevAwal:double read FElevAwal write SetElevAwal;
    property ElevAkhir:double read FElevAkhir write SetElevAkhir;
    property VolAwal:double read FVolAwal write SetVolAwal;
    property VolAkhir:double read FVolAkhir write SetVolAkhir;
    property dT:double read FdT write SetdT;
  end;

var fita:TFitness;

implementation

//constructor
constructor TFitness.Create;
begin
  inherited Create;
end;

constructor TFitness.Create(const dWaduk:TWaduk;const dQin:Array1;

```

```

        const dElevAwal,dElevAkhir,ddT:double);
var i:integer;
begin
    FWaduk:=TWaduk.Create(dWaduk);
    FNperiode:=high(dQin);
    SetLength(FQin,FNperiode+1);
    for i:=1 to FNperiode do
    begin
        FQin[i]:=dQin[i];
    end;
    FElevAwal:=dElevAwal;
    FElevAkhir:=dElevAkhir;
    FVolAwal:=FWaduk.doCalcVolume(FElevAwal);
    FVolAkhir:=FWaduk.doCalcVolume(FElevAkhir);
    FdT:=ddT;
end;

constructor TFitness.Create(const dWaduk:TWaduk;const dQin:Arr1;
        const ddT:double);
var i:integer;
begin
    FWaduk:=TWaduk.Create(dWaduk);
    FNperiode:=high(dQin);
    SetLength(FQin,FNperiode+1);
    for i:=1 to FNperiode do
    begin
        FQin[i]:=dQin[i];
    end;
    FdT:=ddT;
end;

//data accessing
procedure TFitness.SetNperiode(const dNperiode:integer);
begin
    FNperiode:=dNperiode;
end;

function TFitness.GetWaduk:TWaduk;
begin
    result:=TWaduk.Create(FWaduk);
end;

procedure TFitness.SetWaduk(const dWaduk:TWaduk);
begin
    FWaduk:=TWaduk.Create(dWaduk);
end;

function TFitness.GetQin:Arr1;
var i:integer;
begin
    SetLength(result,FNperiode+1);
    for i:=1 to FNperiode do
    begin
        result[i]:=FQin[i];
    end;
end;

```

```

end;

procedure TFitness.SetQin(const dQin:Arr1);
var i:integer;
begin
  FNperiode:=high(dQin);
  SetLength(FQin,FNperiode+1);
  for i:=1 to FNperiode do
    begin
      FQin[i]:=dQin[i];
    end;
  end;

procedure TFitness.SetElevAwal(const dElevAwal:double);
begin
  FElevAwal:=dElevAwal;
  FVolAwal:=FWaduk.doCalcVolume(FElevAwal);
end;

procedure TFitness.SetElevAkhir(const dElevAkhir:double);
begin
  FElevAkhir:=dElevAkhir;
  FVolAkhir:=FWaduk.doCalcVolume(FElevAkhir);
end;

procedure TFitness.SetVolAwal(const dVolAwal:double);
begin
  FVolAwal:=dVolAwal;
end;

procedure TFitness.SetVolAkhir(const dVolAkhir:double);
begin
  FVolAkhir:=dVolAkhir;
end;

procedure TFitness.SetdT(const ddT:double);
begin
  FdT:=ddT;
end;

//data processing
procedure TFitness.doCalcPoint(const djam:integer,
  var dPoint1,dPoint2:TPoint;
  var dQ,dQtrail,dQspill:double;
  var dStatus:boolean);
var VolPrev,VolNow,dT:double;
begin
  //inisialisasi kondisi awal
  dQ:=0;
  dQtrail:=0;
  dQspill:=0;
  dStatus:=false;
  //mencari volume awal dan volume akhir
  VolPrev:=FWaduk.doCalcVolume(dPoint1.ElevNow);
  VolNow:=FWaduk.doCalcVolume(dPoint2.ElevNow);

```

```

//mencari Qoutflow
dQ:=FQin[djam]-(VolNow-VolPrev)/FdT;
//Qoutflow harus lebih besar atau sama dengan nol
//jika tidak jangan dihiraukan
if dQ>=4 then
begin
  //Qoutflow apakah lebih kecil atau sama dengan dari Qtrailrace
  if dQ<-FWaduk.Qtrail then
  begin
    //jika Qoutflow melebihi Qmax maka pelanggaran
    //Qtrailrace akan dihitung
    if dQ>FWaduk.Qmax then
    begin
      dPoint2.Status:=true;
      dQtrail:=dQ-FWaduk.Qmax;
    end;
    dStatus:=true;
  end
  //jika Qoutflow lebih besar dari Qtrailrace
  //maka elevasinya harus pada elevasi max waduk dan
  //jika tidak maka diabaikan selanjutnya
  //pelanggaran Qspillway akan dihitung
  else
  begin
    dt:=dPoint2.ElevNow-FWaduk.ElevMax;
    if abs(dt)<=0.000001 then
    begin
      dQtrail:=FWaduk.Qtrail-FWaduk.Qmax;
      dQspill:=dQ-FWaduk.Qtrail;
      dQ:=FWaduk.Qtrail;
      dStatus:=true;
    end;
  end;
end;
end;

//destructor
destructor TFitness.Destroy;
begin
  try
    FWaduk.Free;
  finally
    inherited Destroy;
  end;
end;
end.

```

```

unit RecDP;

interface

uses Komplex, Fitness, Point, Hasil;

type
  TRecursiveDP=class
  private
    FNperiode, FNElev, FType: integer;
    FJmlQout: double;
    FPoint, TPoint: Arr2;
    FHasilElev: Arr1;
    FHasilQout: Arr1;
    FHasilQtrail: Arr1;
    FHasilQspill: Arr1;
    FHasilEnergi: Arr1;
    FStatus: Arr2;
    procedure SetType(const dType: integer);
    procedure SetNPeriode(const dNPeriode: integer);
    procedure SetNElev(const dNElev: integer);
    function GetHasilElev: Arr1;
    function GetHasilQout: Arr1;
    function GetHasilQtrail: Arr1;
    function GetHasilQspill: Arr1;
    function GetHasilEnergi: Arr1;
    function GetStatus: Arr2;
  public
    constructor Create; overload;
    constructor Create(const dNPeriode, dNElev: integer); overload;
    procedure doHitung;
    destructor Destroy; override;
    property NPeriode: integer read FNPeriode write SetNPeriode;
    property NElev: integer read FNElev write SetNElev;
    property HasilElev: Arr1 read GetHasilElev;
    property HasilQout: Arr1 read GetHasilQout;
    property HasilQtrail: Arr1 read GetHasilQtrail;
    property HasilQspill: Arr1 read GetHasilQspill;
    property HasilEnergi: Arr1 read GetHasilEnergi;
    property JmlQout: double read FJmlQout;
    property Status: Arr2 read GetStatus;
    property Types: integer read FType write SetType;
  end;

implementation

//constructor
constructor TRecursiveDP.Create;
begin
  inherited Create;
  FType := 1;
end;

constructor TRecursiveDP.Create(const dNPeriode, dNElev: integer);
begin

```

```

inherited Create;
FNPeriode:=dNPeriode;
FNElev:=dNElev;
FType:=1;
end;

//data accessing
procedure TRecursiveDP.SetNPeriode(const dNPeriode:integer);
begin
  FNPeriode:=dNPeriode;
end;

procedure TRecursiveDP.SetNElev(const dNElev:integer);
begin
  FNElev:=dNElev;
end;

procedure TRecursiveDP.SetType(const dType:integer);
begin
  FType:=dType;
end;

//data processing
procedure TRecursiveDP.doHitung;
var i,j,k:integer;
    max,dt,dE,QoBest,QtBest,QsBest,dQo,dQt,dQs,dQtemp,dFP:double;
    Eng:double;
    dStatus:boolean;
begin
  //proses inisialisasi object point
  SetLength(FPoint,FNElev+1,FNPeriode+1);
  dE:=fita.Waduk.ElevMin;
  for i:=1 to FNElev do
    begin
      for j:=0 to FNPeriode do
        begin
          FPoint[i,j].Status:=false;
          FPoint[i,j].ElevPrev:=0;
          FPoint[i,j].ElevNow:=dE;
          FPoint[i,j].Qnow:=0;
          FPoint[i,j].Qtrail:=0;
          FPoint[i,j].Qspill:=0;
          FPoint[i,j].JmlQout:=0;
        end;
        dE:=dE+0.1;
      end;
    end;
  //proses inisialisasi point yang sama dengan elevasi awal
  for i:=1 to FNElev do
    begin
      dt:=FPoint[i,0].ElevNow-fita.ElevAwal;
      if abs(dt)<= 0.000001 then
        begin
          FPoint[i,0].Status:=true;
          break;
        end;
    end;
  end;

```

```

end;
//mulai proses perhitungan recursiveDP
for i:=1 to FNPeriode do
begin
  for j:=1 to FNElev do
  begin
    //inisialisasi hasil yang terhaik yang pernah ditemukan=0
    QoBest:=0;
    QtBest:=0;
    QsBest:=0;
    //mulai pencarian dari elevasi periode sebelumnya
    //dan dicari elevasi sebelum dan Elevasi sekarang
    //yang menghasilkan Energi yang terbaik
    for k:=1 to FNElev do
    begin
      //elevasi sebelum harus layak untuk dianalisa (status=true)
      if FPoint[k,i-1].Status=true then
      begin
        fta,doCalcPoint(i,FPoint[k,i-1],FPoint[j,i],dQo,dQt,dQs,
          dStatus);
        //kalau tidak layak (status=false) abarkan
        //elevasi sebelum tersebut dan
        //cari elevasi sebelum yang lain dan jika status= true lanjutkan
        //proses ini
        if dStatus=true then
        begin
          //Cari Energi yang dihasilkan oleh elevasi sebelum dan sekarang
          Eng:=fta.Waduk.doCalcEnergi(dQo,FPoint[j,i].ElevNow,fta.dT);
          //tambahkan energi dari elevasi sebelum
          //dengan energi yang dihasilkan
          dQTemp:=FPoint[k,i-1].JmlQout+Eng;
          //jika pencarian terbaik masih nol jalankan proses ini
          if QoBest=0 then
          begin
            //update data hasil yang terbaik
            QoBest:=dQTemp;
            QtBest:=dQt;
            QsBest:=dQs;
            //update data point yang diuji
            FPoint[j,i].Status:=dStatus;
            FPoint[j,i].ElevPrev:=FPoint[k,i-1].ElevNow;
            FPoint[j,i].Qnow:=dQo;
            FPoint[j,i].Qtrail:=dQt;
            FPoint[j,i].Qspill:=dQs;
            FPoint[j,i].JmlQout:=dQTemp;
          end
          //jika pencarian terbaik sudah ada jalankan proses ini
        else
        begin
          //jika ditemukan Qspill yang lebih baik point diterima
          if dQs<QsBest then
          begin
            //update data hasil yang terbaik
            QoBest:=dQTemp;
            QtBest:=dQt;

```

```

    QsBest:=dQs;
    //update data point yang diuji
    FPoint[j,i].Status:=dStatus;
    FPoint[j,i].ElevPrev:=FPoint[k,i-1].ElevNow;
    FPoint[j,i].Qnow:=dQo;
    FPoint[j,i].Qtrail:=dQt;
    FPoint[j,i].Qspill:=dQs;
    FPoint[j,i].JmlQout:=dQtemp;
end;
//jika Qspill sama dengan Qspill Best lakukan proses
//pengujian qtrail
else if dQs=QsBest then
begin
    //jika Qtrail lebih baik maka point diterima
    if dQt<QtBest then
    begin
        //update data hasil yang terbaik
        QoBest:=dQtemp;
        QtBest:=dQt;
        QsBest:=dQs;
        //update data point yang diuji
        FPoint[j,i].Status:=dStatus;
        FPoint[j,i].ElevPrev:=FPoint[k,i-1].ElevNow;
        FPoint[j,i].Qnow:=dQo;
        FPoint[j,i].Qtrail:=dQt;
        FPoint[j,i].Qspill:=dQs;
        FPoint[j,i].JmlQout:=dQtemp;
    end;
    //jika Qtrail sama dengan Qtrail Best maka
    //diuji apakah energi yang dihasilkan lebih baik
    //daripada energi terbaik
    else if dQt=QtBest then
    begin
        //jika energi yang dihasilkan lebih baik maka
        //point diterima
        if dQtemp>=QoBest then
        begin
            //update data hasil yang terbaik
            QoBest:=dQtemp;
            QtBest:=dQt;
            QsBest:=dQs;
            //update data point yang diuji
            FPoint[j,i].Status:=dStatus;
            FPoint[j,i].ElevPrev:=FPoint[k,i-1].ElevNow;
            FPoint[j,i].Qnow:=dQo;
            FPoint[j,i].Qtrail:=dQt;
            FPoint[j,i].Qspill:=dQs;
            FPoint[j,i].JmlQout:=dQtemp;
        end;
    end;
end;
//akhir dari update
end;
end;
end;

```

```

    end;
end;
frmHasil.pbIterasi.StepBy(1);
end;
SetLength(FStatus,FNElev+1,FNPeriode+1);
for i:=1 to FNElev do
begin
    for j:=1 to FNPeriode do
    begin
        if FPoint[i,j].Status=true then
        begin
            FStatus[i,j]:=1;
        end
        else
        begin
            FStatus[i,j]:=0;
        end;
    end;
end;
end;
//backtrack untuk mencari solusi optimal yang dihasilkan
//oleh Recursice Dynamic Programming
SetLength(FHasilElev,FNPeriode+1);
SetLength(FHasilQout,FNPeriode+1);
SetLength(FHasilQtrail,FNPeriode+1);
SetLength(FHasilQspill,FNPeriode+1);
SetLength(FHasilEnergi,FNPeriode+1);
dEP:=FPoint[1,FNPeriode].ElevNow;
max:=FPoint[1,FNPeriode].JmlQout;
for i:=2 to FNElev do
begin
    if max<FPoint[i,FNPeriode].JmlQout then
    begin
        max:=FPoint[i,FNPeriode].JmlQout;
        dEP:=FPoint[i,FNPeriode].ElevNow;
    end;
end;
if FType=2 then
begin
    dEP:=fita.ElevAkhir;
end;
for j:=FNPeriode downto 1 do
begin
    for i:=1 to FNElev do
    begin
        dt:=FPoint[i,j].ElevNow-dEP;
        if abs(dt)<=0.000001 then
        begin
            FHasilElev[j]:=FPoint[i,j].ElevNow;
            FHasilQout[j]:=FPoint[i,j].Qnow;
            FHasilQtrail[j]:=FPoint[i,j].Qtrail;
            FHasilQspill[j]:=FPoint[i,j].Qspill;
            FHasilEnergi[j]:=fita.Waduk.doCalcEnergi(FHasilQout[j],
                FHasilElev[j],fita.dT);
            dEP:=FPoint[i,j].ElevPrev;
            break;
        end;
    end;
end;
end;

```

```

        end;
    end;
end;
if FType=2 then
begin
    dEP:=fita.ElevAkhir;
    for i:=1 to FNElev do
    begin
        dt:=FPoint[i,FNPeriode].ElevNow-dEP;
        if abs(dt)<=0.000001 then
        begin
            FJmlQout:=FPoint[i,FNPeriode].JmlQout;
            break;
        end;
    end;
end;
else
begin
    FJmlQout:=max;
end;
end;

```

```

//data output
function TRecursiveDP.GetHasilElev:Arr1;
var i:integer;
begin
    SetLength(result,FNPeriode+1);
    for i:=1 to FNPeriode do
    begin
        result[i]:=FHasilElev[i];
    end;
end;

```

```

function TRecursiveDP.GetHasilQout:Arr1;
var i:integer;
begin
    SetLength(result,FNPeriode+1);
    for i:=1 to FNPeriode do
    begin
        result[i]:=FHasilQout[i];
    end;
end;

```

```

function TRecursiveDP.GetHasilQtrail:Arr1;
var i:integer;
begin
    SetLength(result,FNPeriode+1);
    for i:=1 to FNPeriode do
    begin
        result[i]:=FHasilQtrail[i];
    end;
end;

```

```

function TRecursiveDP.GetHasilQspill:Arr1;
var i:integer;

```

```

begin
  SetLength(result, FNPeriode + 1);
  for i:=1 to FNPeriode do
    begin
      result[i]:=FHasilQspil[i];
    end;
  end;

function TRecursiveDP.GetHasilEnergi:Arr1;
var i:integer;
begin
  SetLength(result, FNPeriode + 1);
  for i:=1 to FNPeriode do
    begin
      result[i]:=FHasilEnergi[i];
    end;
  end;

function TRecursiveDP.GetStatus:Arr2;
var i,j:integer;
begin
  SetLength(result, FNElev + 1, FNPeriode + 1);
  for i:=1 to FNElev do
    begin
      for j:=1 to FNPeriode do
        begin
          result[i,j]:=FStatus[i,j];
        end;
      end;
    end;
  end;

//destructor
destructor TRecursiveDP.Destroy;
begin
  inherited Destroy;
end;

end.

```

```

function GetQoutPeriode(const ddT:integer):Arr1;
destructor Destroy;override;
property Nama:String read FNama write SetNama;
property NKonstP:integer read FNKonstP write SetNKonstP;
property h5:double read Fh5 write Seth5;
property h4:double read Fh4 write Seth4;
property h3:double read Fh3 write Seth3;
property h2:double read Fh2 write Seth2;
property h1:double read Fh1 write Seth1;
property h0:double read Fh0 write Seth0;
property a3:double read Fa3 write Fa3;
property a2:double read Fa2 write Fa2;
property a1:double read Fa1 write Fa1;
property a0:double read Fa0 write Fa0;
property ElevMin:double read FElevMin write SetElevMin;
property ElevMax:double read FElevMax write SetElevMax;
property VolMin:double read FVolMin write SetVolMin;
property VolMax:double read FVolMax write SetVolMax;
property Qmax:double read FQmax write SetQmax;
property Qtrail:double read FQtrail write SetQtrail;
property KonstP:TKonstPArr read GetKonstP write SetKonstP;
property LengthQ:integer read GetLengthQ;
end;

```

implementation

```

//constructor
constructor TWaduk.Create;
begin
  inherited Create;
end;

constructor TWaduk.Create(const dNama:String;
  const dh5,dh4,dh3,dh2,dh1,dh0,dElevMin,dElevMax,
  dQmax,dQtrail:double);
begin
  inherited Create;
  FNama:=dNama;
  Fh5:=dh5;
  Fh4:=dh4;
  Fh3:=dh3;
  Fh2:=dh2;
  Fh1:=dh1;
  Fh0:=dh0;
  FElevMin:=dElevMin;
  FElevMax:=dElevMax;
  FQmax:=dQmax;
  FQtrail:=dQtrail;
  FVolMin:=doCalcVolume(FElevMin);
  FVolMax:=doCalcVolume(FElevMax);
end;

constructor TWaduk.Create(const dNama:String;
  const dh5,dh4,dh3,dh2,dh1,dh0,dElevMin,dElevMax,
  dQmax,dQtrail:double;

```

```

        const dKonstP:TKonstPArr);
var i:integer;
begin
    inherited Create;
    FName:=dNama;
    Fh5:=dh5;
    Fh4:=dh4;
    Fh3:=dh3;
    Fh2:=dh2;
    Fh1:=dh1;
    Fh0:=dh0;
    FElevMin:=dFElevMin;
    FElevMax:=dFElevMax;
    FQmax:=dQmax;
    FQtrail:=dQtrail;
    FVolMin:=doCalcVolume(FElevMin);
    FVolMax:=doCalcVolume(FElevMax);
    FNKonstP:=high(dKonstP);
    SetLength(FKonstP,FNKonstP+1);
    for i:=1 to FNKonstP do
    begin
        FKonstP[i].a2:=dKonstP[i].a2;
        FKonstP[i].a1:=dKonstP[i].a1;
        FKonstP[i].a0:=dKonstP[i].a0;
        FKonstP[i].ElevMin:=dKonstP[i].ElevMin;
        FKonstP[i].ElevMax:=dKonstP[i].ElevMax;
    end;
end;

constructor TWaduk.Create(const dNama:String;
    const dVolMin,dVolMax,dQmax,dQtrail:double;
    const dKonstP:TKonstPArr);
var i:integer;
begin
    inherited Create;
    FName:=dNama;
    FVolMin:=dVolMin;
    FVolMax:=dVolMax;
    FQmax:=dQmax;
    FQtrail:=dQtrail;
    FNKonstP:=high(dKonstP);
    SetLength(FKonstP,FNKonstP+1);
    for i:=1 to FNKonstP do
    begin
        FKonstP[i].a2:=dKonstP[i].a2;
        FKonstP[i].a1:=dKonstP[i].a1;
        FKonstP[i].a0:=dKonstP[i].a0;
        FKonstP[i].ElevMin:=dKonstP[i].ElevMin;
        FKonstP[i].ElevMax:=dKonstP[i].ElevMax;
    end;
end;

constructor TWaduk.Create(const dNama:String;
    const dh5,dh4,dh3,dh2,dh1,dh0,da3,da2,da1,da0,dElevMin,dElevMax,
    dQmax,dQtrail:double);

```

```

begin
  inherited Create;
  FName:=dNama;
  Fh5:=dh5;
  Fh4:=dh4;
  Fh3:=dh3;
  Fh2:=dh2;
  Fh1:=dh1;
  Fh0:=dh0;
  Fa3:=da3;
  Fa2:=da2;
  Fa1:=da1;
  Fa0:=da0;
  FElevMin:=dElevMin;
  FElevMax:=dElevMax;
  FQmax:=dQmax;
  FQtrail:=dQtrail;
  FVolMin:=doCalcVolume(FElevMin);
  FVolMax:=doCalcVolume(FElevMax);
end;

constructor TWaduk.Create(const dWaduk: TWaduk);
begin
  inherited Create;
  FName:=dWaduk.Nama;
  if dWaduk.h0<>0 then
  begin
    Fh5:=dWaduk.h5;
    Fh4:=dWaduk.h4;
    Fh3:=dWaduk.h3;
    Fh2:=dWaduk.h2;
    Fh1:=dWaduk.h1;
    Fh0:=dWaduk.h0;
    Fa3:=dWaduk.a3;
    Fa2:=dWaduk.a2;
    Fa1:=dWaduk.a1;
    Fa0:=dWaduk.a0;
    FElevMin:=dWaduk.ElevMin;
    FElevMax:=dWaduk.ElevMax;
  end;
  FNKonstP:=dWaduk.NKonstP;
  FKonstP:=dWaduk.KonstP;
  FQmax:=dWaduk.Qmax;
  FQtrail:=dWaduk.Qtrail;
  FVolMin:=dWaduk.VolMin;
  FVolMax:=dWaduk.VolMax;
end;

//data accessing

procedure TWaduk.SetNama(const dNama:String);
begin
  FName:=dNama;
end;

```

```

procedure TWaduk.SetN KonstP(const dN KonstP:integer);
begin
  FN KonstP:=dN KonstP;
end;

procedure TWaduk.Seth5(const dh5:double);
begin
  Fh5:=dh5;
end;

procedure TWaduk.Seth4(const dh4:double);
begin
  Fh4:=dh4;
end;

procedure TWaduk.Seth3(const dh3:double);
begin
  Fh3:=dh3;
end;

procedure TWaduk.Seth2(const dh2:double);
begin
  Fh2:=dh2;
end;

procedure TWaduk.Seth1(const dh1:double);
begin
  Fh1:=dh1;
end;

procedure TWaduk.Seth0(const dh0:double);
begin
  Fh0:=dh0;
end;

procedure TWaduk.SetElevMin(const dElevMin:double);
begin
  FElevMin:=dElevMin;
end;

procedure TWaduk.SetElevMax(const dElevMax:double);
begin
  FElevMax:=dElevMax;
end;

procedure TWaduk.SetVolMin(const dVolMin:double);
begin
  FVolMin:=dVolMin;
end;

procedure TWaduk.SetVolMax(const dVolMax:double);
begin
  FVolMax:=dVolMax;
end;

```

LAMPIRAN 4



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : IMAM FATHURRAHMAN
Nim : 99.12.150
Masa Bimbingan : 10 Agustus 2005 % 10 Februari 2006
Judul Skripsi : OPTIMASI PLTA SELOREJO DENGAN PENDEKATAN
METODE DYNAMIC PROGRAMMING BY SUCCESSIVE
APROXIMATION (DPSA)

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	26-01-06	Bab I : Pembahasan kerangka Bab II : Gambaran materi berkaitan dg masalah dari saya	
2.	02-02-06	Bab III : Pembahasan uraian tentang DPSA	
3.	16-02-06	Bab IV : Perhitungan Kurva Hubungan Elevasi Generator Output dan Debit sbg pengganti perencanaan-perencanaan lain	
4.	20-02-06	Bab IV : 1. Perlu masalah ttg. Validasi Program 2. Analisis sistematis pada optimasi si Energi Sistem Rer yg terdapat	
5.	10-03-06	Bab IV : 1. Tambahan kesimpulan ttg faktor optimasi 2. Perubahan hasil kepada pengelola	
6.	16-03-06	Siapkan Rincian dan Summary Hasil	
7.	18-03-06	Seleksi	
8.			
9.			
10.			

Malang, 200
Dosen Pembimbing,

Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE
NIP : 103 9000 208

Form.S-4b