

**OPTIMASI DAYA PADA PEMBANGKIT DENGAN METODE
HYBRID DYNAMIC PROGRAMMING DAN FUZZY LOGIC
PADA PLTA WADUK SELOREJO**

SKRIPSI



**Disusun oleh :
PAULUS SUSANTO LUIS
NIM. 00.12.150**

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

MARET 2008

LEMBAR PERSETUJUAN

OPTIMASI DAYA PADA PEMBANGKIT DENGAN METODE HYBRID
DYNAMIC PROGRAMMING DAN FUZZY LOGIC PADA PLTA WADUK
SELOREJO

SKRIPSI

*Disusun Untuk Melengkapi dan Memenuhi Syarat-Syarat
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik*

Disusun Oleh :

PAULUS SUSANTO LUIS
NIM. 00.12.150

Menyetujui,
Dosen Pembimbing I


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

Menyetujui,
Dosen Pembimbing II


Irrine Budi S, ST, MT
NIP. 132314400

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro


Ir. E. Yudi Limpraptono, MT
NIP.Y. 1039500274

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2008



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

BERITACARA UJIAN SKRIPSI FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

1. Nama : PAUL SUSANTO LUIS
2. NIM : 00.12.)
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : Optimalisasi Daya Pada Pembangkit dengan Metode Hibrid
Dynamiprogramming dan Metode Fuzzy Logic Pada
PLTA Wuk Selerojo

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : SENIN
Tanggal : 17 Maret 2008
Dengan Nilai : 74,51 (B)-4



Ir. Mochtar Asroni, MSME
NIP. Y.1018100036

Panitia Ujian Skripsi



Ir. F Yudi Limpraptono, MT
NIP. Y.1039500274

Anggota Penguji

Penguji Pertama

Ir. Imade Wartana, MT
NIP. 131991182

Penguji Kedua

Bambang Prio Hartono, ST
NIP. Y. 102840082

ABSTRAKSI
**OPTIMASI DAYA PADA PEMBANGKIT DENGAN METODE HYBRID
DYNAMIC PROGRAMMING DAN FUZZY LOGIC PADA PLTA WADUK
SELOREJO**

(Paulus Susanto Luis, Nim 00.12.150, Teknik Elektro/T.Energi Listrik)

Dosen Pembimbing :

Ir. H. Almizan Abdullah, MSEE - Pembimbing I

Irrine Budi sulistiawati, ST, MT -Pembimbing II

Kata Kunci : Teknik optimasi, dinamik nonlinier, pola operasi waduk, kurva pengatur, manajemen sumber daya air.

PLTA PLTA yang secara kaskade menggunakan sebagian air yang sama dari hulu sampai kehilir. PLTA Selorejo, Mendalan dan Siman merupakan PLTA PLTA yang airnya berasal dari kali yang sama yaitu Kali Konto dan Kwayangan yang ditampung pada Waduk Selorejo, dan karena terbatasnya kapasitas Waduk Selorejo untuk menampung air pada waktu musim hujan dan kapasitas terowongan Pait yang menghubungkan PLTA Selorejo dengan PLTA Mendalan, maka air yang seharusnya memiliki nilai ekonomis untuk dapat dimanfaatkan untuk pembangkitan, akhirnya terbuang karena adanya kendala tersebut.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka diterapkan Metode Hibrid Dynamic Programming dan Metode Fuzzy Logic sebagai salah satu metode untuk mengoptimasi Daya PLTA Selorejo. untuk mendapatkan suatu pola operasi Waduk yang optimal. Proses optimasi dilakukan untuk meminimasi pembuangan air pada Tailrace dan Spillway dan untuk mendapatkan energi yang lebih besar dengan cara menahan air selama mungkin sehingga didapat Elevasi maksimum yang cukup lama untuk mendapatkan peningkatan energi yang dibangkitkan pada PLTA Selorejo.

Dan Proses perhitungan optimasi dilakukan dengan bantuan komputer dengan pemrograman Borland Delphi 7. dari hasilnya dapat dilihat pada tahun 2002 total energi sebesar 25,799,296. KWh., sedangkan hasil optimasi dengan metode logika fuzzy, dengan total energi yang dihasilkan 27,825,463.KWh, atau denaagn kata lain pada tahun 2002 terjadi optimasi sebesar 7.281%

Pada tahun 2002 *spillway* sebelum sebesar 19,094,400 m³, tailrace sebelum 43,044,480 m³, pada *spillway* sesudah optimasi dapat diminimalisir sampai 100% dari sebelum optimasi

Dan sesuai dengan salah satu tujuan kontribusi penelitian ini adalah untuk memberikan masukan pada PLN untuk memutuskan masih perlu tidaknya dibangun terowongan tambahan pada terowongan Pait.

Special Thank's to :

Jesus Christ, my FaTheR, my Sa'ViouR, Thank's God's berKat rahMat dan PeTunjuk – Mu aQ dapat nyelese'in SkriPsi-Q ini. Kau TelaH bRi ku kesehatan serta KemaMpuAn untuk daPat menYelesaiKannYa. Terima Kasih Yesus, Kau sudah DenGerin DoA – dOaQ serta briku kesabaran dan Kekuatan untuk dapat berTahAN seHinggA skriPsiQ ini daPat Selesai. Amin.

My FaTheR's and My Mom's,

thank's beRat DecH PokokNya berkat kalian BerRduA yang Telah BeRi Dana, SeManGat, dan MoTivAsi serta DOA shG sKripZiQ ini daPaT SeLesal. Tak'kan Ku LuPa JasA Kalian BerDua yang Telah BerPeran BanYak Dalam Penyelesaian SkriPsiQ ini. Aq CuMa Bisa BerDoa SmG My Father's and My MoM's DiBerl keSehAtAn dan UmuR yang PanJanG serta KelanCaran Dalam SeTiaP UsAhA. AMIN.

My BroTher And My FaMILY

Huber POMPET KO MALAS-MALAS BERARTI KO PULANG MOOF KASI MAKAN BABI BIRUMA , INGAT yG Rajin Kuliah bIaR cpt SeLesai SoDaRa SoDaRa di Flores, ,Batam, JaKaRta, dan di TeMPat Yang LaeN.....TriMa Kasih BANYAK AtaS DukunGan dan Doa dari KaLiaNGa Ada yaNg Mo NaWaRin Aq KerJaaN tHa ?,

My love

CINTAKU.SAYANGKU,MY DARLINGKUSEMUA-MUANYA Spesial to Yanic dwi lestari yang selalu mendukung dan menyupport,serta menemani disaat susa maupu duka . ayo semangat cepat elesaikan sekripsinyaoh iya pokoknya Yang aku janjikan sama kamu itu pasti kan kutepati, ingat jaga mata , jaga hati ,jaga CINTA..

- KOCO BESTI KO MEMANG BELANDA SUDA MAU BANTU SAYA
MUANTAAAAAAPPPOOOOOL
- KINONG KOTAR MAUPULANGKO.....???

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	i
BERITA ACARA UJIAN SEKRIPI.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GRAFIK	x
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Pembahasan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metode Pembahasan	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
 BAB II LANDASAN TEORI.....	 6
2.1. Pengoperasian Unit Pembangkit listrik Tenaga Air	6
2.2. Jenis – Jenis Pembangkit Listrik Tenaga Air	9
2.2.1. Penggolongan Berdasarkan Tinggi Terjun.....	9
2.2.2. Penggolongan Menurut Aliran Air.....	10
2.3. Perhitungan Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air	11
2.4. Kendala – Kendala Untuk Optimasi Pengoperasian waduk.....	13
2.5. Pemrograman Dinamis.....	13

2.6. Teori logika Fuzzy	16
2.6.1 Konfigurasi Dasar Sistem Logika Fuzzy	18
2.6.2 Tahap Numeris dan Linguistik.....	20
BAB III PLTA WADUK SELOREJO	25
3.1. Gambaran Umum	25
3.2. Pola Pengoperasian Waduk Selorejo.....	26
3.3. Kendala Operasi Waduk Selorejo	27
3.4. Data – Data Teknis PLTA Waduk Selorejo	28
3.5. Hubungan Antara Elevasi Dan Daya PLTA Waduk Selorejo.....	29
3.6. Outflow Dan Debit Limpasan Pada Tailrace PLTA Waduk Selorejo.	30
3.7. Basis Data Aturan.....	34
3.8. Flowchart dan Algoritma.....	37
3.9. Validasi Program.....	41
BAB IV OPTIMASI PLTA SELOREJO DENGAN METODE HIBRID	
DYNAMIC PROGRAMMING DAN FUZZY LOGIC	43
4.1. Pendahuluan	43
4.2. Fitur Aplikasi.....	43
4.3. Proses Analisa data.....	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1. Kesimpulan.....	53
5.2. Saran	54

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Skema Prinsip Pusat listrik Tenaga Air	7
2.2. Pola operasi waduk Tahunan.....	8
2.3. Kurva Elevasi air terhadap Volume	8
2.4. Kasus Multistage Graph	15
2.5. Himpunan Fuzzy Variabel Elevasi Relatif.....	20
2.6. Himpunan Fuzzy Variabel Inflow Relatif.....	22
2.7. Himpunan Fuzzy Variabel Outflow Relatif.....	23
3.1. Kurva Hubungan Elevasi–Generator Output dan Debit Pembangkitan Pada PLTA WadukSeloreja.....	29
3.2. Skema Potongan Memanjang PLTA Selorejo.....	32
3.3. Skema Saluran Air Pada Waduk dan PLTA Selorejo.....	32
3.4. Flowchart.....	40
4.1. Screen shot Aplikasi pPada Fitur Utama.....	43
4.2. Screen shot Alikasi pada From Lookup	44
4.3. Screen shot Aplikasi Pada From Data Input	45
4.4. Screen shot Aplikasi Pada From Data Pengoptimasian	46
4.5. Screen shot Aplikasi Pada Optimasai Dynamic Programing	47
4.6. Screen shot Aplikasi Pada Optimasai Fuzzy Final.....	48
4.7. Screen shot Aplikasi Optimasai Akir Final Result.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
3.1.	Data Actual Tahun 2002	29
3.2.	Volume waduk Terhadap Elevasi.....	30
3.3.	Basis Data Aturan.....	36
3.4.	Hasil Optimasi Perbandingan Elevasi	41
3.5.	Perbandingan Elevasi Terhadap Volume	41
3.6.	Hasil Perbandingan Jurnal Dengan Program	42
4.1.	Hasil Optimasi Dynamig progaming Tahun 2002	48

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tenaga listrik merupakan suatu unsur penunjang yang sangat penting bagi pengembangan secara menyeluruh suatu bangsa. Pemanfaatannya secara tepat guna akan menjadi suatu alat yang ampuh untuk merangsang perekonomian suatu bangsa. Berdasarkan alasan tersebut, dapat dimengerti apabila akhir-akhir ini permintaan akan tenaga listrik semakin meningkat. Salah satu alternatif untuk pembangkitan tenaga listrik adalah dengan memanfaatkan tenaga air yang cukup banyak terdapat di Indonesia sebagai suatu negara kepulauan.⁽¹⁰⁾

Pembangkitan listrik dengan memanfaatkan tenaga air seringkali mempunyai fungsi lebih dari satu penggunaan, antara lain: pengendalian banjir, irigasi, pembangkitan tenaga listrik, penyediaan air baku, serta perikanan darat dan sebagai objek pariwisata.⁽⁴⁾ Berdasarkan alasan tersebut maka dalam pengoperasiannya diperlukan suatu acuan atau pedoman pengaturan air untuk pengoperasian waduk yang disepakati oleh pemanfaat air dan pengelola air, sehingga tidak terjadi konflik antar kepentingan.

Aplikasi ini adalah sebuah sistem kontrol parameter pada siklus pembangkit energi listrik yang menggunakan dua fase optimasi yaitu optimasi awal dan optimasi akhir. Penerapan optimasi awal diimplementasikan menggunakan penerapan dari metode *Dynamic Programming* dimana metode tersebut merupakan suatu bentuk metode Matematis Deterministik.

Oleh sebab itu metode ini digunakan sebagai fungsi pencarian batas-batas parameter ramalan sedangkan untuk memperhitungkan output akhir digunakan metode *Fuzzy Logic* sehingga diperoleh nilai rasional dengan ketelitian yang tinggi, karena *Fuzzy Logic* merupakan metode yang memakai aturan probabilistik, dimana nilai-nilai variabel yang diolah dituangkan dalam probabilitas bukan dalam nilai absolutnya sehingga hasil akhirnya menjadi lebih halus dan terorganisir serta realistis. ⁽⁵⁾

1.2. Rumusan Masalah

Sirkulasi sistem PLTA dioperasikan dengan mengikuti pola operasi waduk yang telah disepakati bersama oleh para pemanfaat air dan pengelola melalui panitia tata pengaturan air (PPTA), sedangkan di satu sisi PLTA diharapkan untuk berkerja dengan optimal dalam menyalurkan dan memenuhi kebutuhan listrik para konsumen

Inti permasalahan dari sistem ini adalah bagaimana mengoptimalkan daya pembangkit dengan mengatur kenaikan dan penurunan elevasi melalui pengontrolan *outflow* dengan tidak melanggar batas operasional dari pembangkit.

1.3. Tujuan Pembahasan

Pembahasan dalam skripsi ini bertujuan untuk menentukan besar daya yang optimal dengan cara menentukan besar kecilnya debit air (Q) yang keluar melewati turbin sehingga menghasilkan energi (KWH) yang optimal pula, dengan tetap memperhatikan kendala-kendala yang ada.

1.4. Batasan Masalah

Permasalahan pada suatu sistem kompleks seperti pembangkit energi listrik adalah suatu hal yang serius, ketidak teraturan yang ekstrim pada perubahan tinggi muka air pada suatu pembangkit akan berpengaruh besar terhadap penyuplaian daya *output*.

Untuk menyederhanakan masalah yang akan dibahas, maka diberikan asumsi-asumsi serta batasan-batasan sebagai berikut :

1. Pembahasan ini hanya ditckankan pada Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Air Selorejo.
2. Metode optimasi yang digunakan adalah *Hibrid Dynamic Progamming* dan *Fuzzy logic*.
3. Data hidrologi yang digunakan adalah data tahun 2000 s/d tahun 2004 yang diperoleh dari Perum Jasa Tirta.
4. Data curah hujan diabaikan.
5. Program yang digunakan adalah *Borland Delphi*.

1.5. Metode Pembahasan

Metode yang digunakan dalam pembahasan skripsi adalah :

1. Studi literatur, yaitu kajian pustaka untuk mempelajari teori-teori yang terkait melalui literatur yang ada, yang berhubungan dengan permasalahan.
 2. Perencanaan dan pemodelan Metode Optimasi pada permasalahan.
 3. Implementasi algoritma penyelesaian masalah.
-

4. Simulasi dan pengujian untuk melihat seberapa jauh kinerja Metode *Hibrid Dynamic Programming* dan *Fuzzy logic* pada permasalahan.

1.6. Sistematika Penulisan

Untuk mendapatkan arah yang tepat mengenai hal-hal yang akan dibahas maka skripsi ini disusun sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Merupakan pendahuluan yang meliputi latar belakang yang melandasi skripsi yang dibahas, rumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai, batasan masalah, metode penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Disini akan di uraikan mengenai sistem rancang bangun pembangkit listrik tenaga Air dan dasar teori *Fuzzy Logic* dan *Dynamic Programming*.

BAB III : PEMBAHASAN

Yakni membahas data teknis pembangkit yang digunakan, siklus operasi pada pembangkit yang bersangkutan dan aplikasi metode pada *formulasi* masalah yang muncul pada pembangkit tersebut.

BAB IV : SIMULASI DAN ANALISIS

Pengkajian sistem dan analisa data serta tahap verifikasi untuk melihat sejauh mana tingkat keakutan program.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan bab terakhir yang merupakan intisari dari hasil pembahasan. Berisikan kesimpulan dan saran yang dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk pengetahuan penulisan selanjutnya.

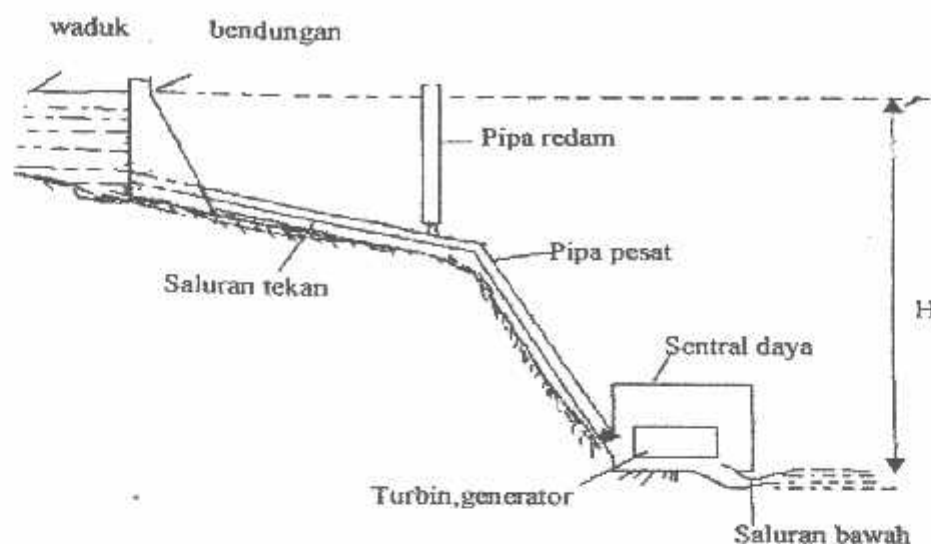
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pengoperasian Unit Pembangkit Listrik Tenaga Air

Tersedianya suatu waduk besar banyak membantu agar beban menjadi agak merata berkaitan dengan adanya musim hujan dan musim kemarau sehingga PLTA dapat dioperasikan secara optimal. Sering terjadi bahwa suatu bendungan mempunyai fungsi lebih dari satu penggunaan, antara lain: pengendali banjir, irigasi, pembangkitan tenaga listrik, penyediaan air baku, serta perikanan darat, dan pariwisata. Agar air yang ditampung dalam waduk dapat digunakan secara optimal maka perlu diatur penggunaan pemakaian air melalui suatu pola operasi waduk, yaitu: suatu acuan atau pedoman pengaturan air untuk pengoperasian waduk yang disepakati bersama oleh para pemanfaat air dan pengelola air sehingga tidak terjadi konflik antar kepentingan termasuk pengendalian banjir pada musim hujan.⁽²⁾

Sebuah pusat listrik tenaga air terdiri atas waduk, bendungan, saluran-saluran air, dan sentral daya beserta semua perlengkapan seperti gambar dibawah ini:

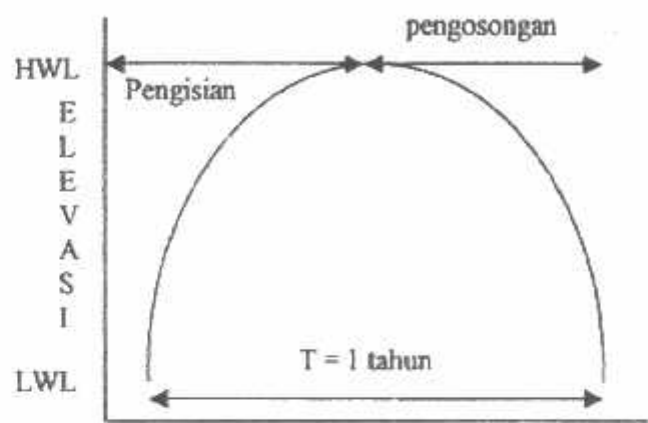


Gambar 2-1
Skema Prinsip Pusat Listrik Tenaga Air ⁽¹⁰⁾

Sedangkan saluran tekan dan pipa pesat berfungsi untuk membawa air bertekanan kesentral daya, guna memutar turbin daya yang pada gilirannya menggerakkan sebuah generator listrik. Saluran tekan sering dilengkapi dengan pipa redam yang mengamankan sistem pipa terhadap pukulan-pukulan air yang dapat terjadi bilamana beban secara mendadak hilang. Setelah melewati turbin, air diteruskan oleh saluran bawah tanah untuk mengalir seterusnya. Sentral daya sendiri berisi turbin air dan generator serta instalasi listrik lainnya.

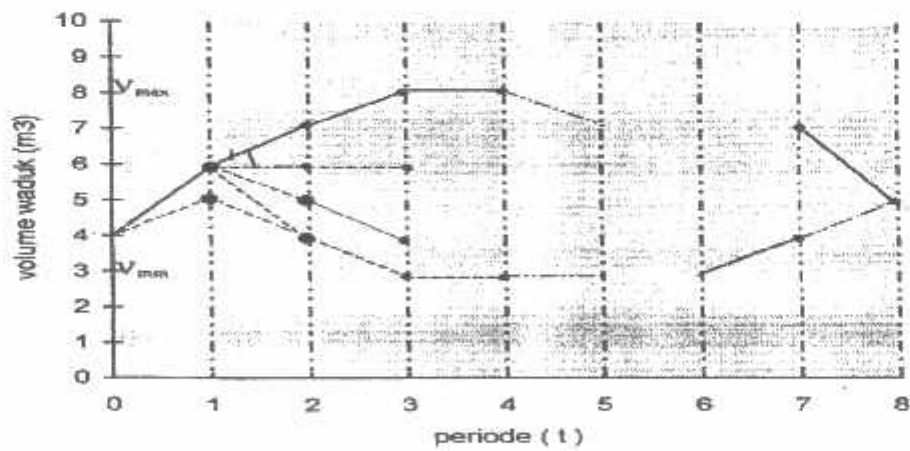
Di Indonesia mengenal dua musim dalam setahun, maka dibuat dua jenis pola operasi waduk yaitu: Pola operasi waduk musim hujan, berlaku saat pengisian waduk (Desember sampai dengan Mei) dan pola operasi waduk musim kemarau, berlaku saat pengosongan waduk (Juni sampai dengan November). Pada akhir pola musim hujan, yaitu 30 Mei air diusahakan berada pada elevasi maksimum dan pada akhir pola musim kemarau, yaitu 30 November air

diusahakan berada pada elevasi minimum pengoperasian waduk. Waktu pengisian dan pengosongan waduk dapat digambarkan seperti gambar berikut :



Gambar 2-2
Pola Operasi Waduk Tahunan

Untuk mengetahui jumlah volume air yang terdapat didalam waduk pada tiap elevasi dapat dilihat dari tabel hasil pengukuran atau dengan melihat kurva hubungan tinggi elevasi air (H) dengan volume air (V). Kurva H vs V dapat diturunkan menjadi persamaan tersendiri sehingga secara matematis dapat dihitung jumlah volume air pada ketinggian tertentu. ⁽¹⁰⁾



Gambar 2-3
Kurva H (m³) vs V (m³) Waduk

2.2. Jenis-Jenis Pembangkit Listrik Tenaga Air

2.2.1. Penggolongan Berdasarkan Tinggi Terjun ⁽³⁾

Karena di Indonesia banyak terdapat sungai dengan kondisi geografis berbeda-beda antara sungai satu dengan sungai lainnya, dapat dimanfaatkan dengan dibangunnya pusat pembangkit listrik, berdasarkan dari kondisinya 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 ke hilir 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.

2.2.2. Penggolongan Menurut Aliran Air ⁽³⁾

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 pusat pembangkit semacam ini sangat berguna untuk pemakaian sepanjang tahun.

4. Pusat Pembangkit Jenis Tandon Pompa (*Pump Storage*).

Adalah jenis pusat pembangkit yang memanfaatkan kelebihan air terutama pada musim hujan atau pada saat pemakaian tenaga listrik berkurang yang mana pada saat itu air akan dipompa kembali keatas dan disimpan dalam waduk dan dimanfaatkan kembali pada saat melayani beban puncak pada malam harinya.

2.3. Perhitungan Daya Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air

Sebuah PLTA mengubah energi air yang bergerak menjadi energi listrik dengan mempergunakan turbin air yang terpasang pada generator listrik. Sebagaimana diketahui setiap benda dan juga air, yang berada di atas permukaan bumi, memiliki energi potensial yang berbentuk rumus sebagai berikut :⁽⁴⁾

$$E = m.g.H \dots\dots\dots(2-1)$$

Dimana:

E : Energi potensial.

m : Massa.

g : Percepatan gravitasi.

H : Tinggi jatuh air (m).

Dari rumus diatas dapat dijabarkan menjadi:

$$dE = dm.g.H \dots\dots\dots(2-2)$$

bilamana dE merupakan elemen energi yang dibangkitkan oleh elemen massa dan melalui jarak tinggi H. Bilamana Q didefinisikan sebagai debit air yang dapat ditulis sebagai berikut :⁽⁴⁾

$$Q = \frac{dm}{dt} \dots\dots\dots(2-3)$$

Dimana:

Q : Debit air ($m^3/detik$).

dm : Elemen massa air.

dt : Elemen waktu.

Maka dapat dirumuskan :

$$P = \frac{dE}{dt} = \left(\frac{dm}{dt} \right) \cdot g \cdot H = Q \cdot g \cdot H \dots\dots\dots(2-4)$$

$$P = Q \cdot g \cdot H \dots\dots\dots (2-5)$$

Dengan memperhitungkan adanya efisiensi suatu sistem dapat ditulis :

$$P = \eta \cdot Q \cdot g \cdot H \dots\dots\dots(2-6)$$

Dengan:

P = Daya (kW).

Q = Debit *Maksimum* turbin ($m^3/detik$).

g = Percepatan gravitasi = 9.8 m/s^2 .

H = Tinggi jatuh efektif (m).

Q : Debit air.

Karena :

$$f = \eta \cdot g$$

$$P = f \cdot Q \cdot H$$

Dimana f adalah suatu faktor yang besarnya antara 9,7 dan 9,8, sehingga persamaan diatas dapat ditulis:

$$P = 98 \cdot Q \cdot H \dots\dots\dots(2-7)$$

bekerja dibidang pengambilan keputusan multi tahap (*multistage desicion process*) dan mengerjakan beberapa metode matematis, beberapa tahun kemudian setelah *Bellman* berada di RAND, lahirlah istilah Pemrograman Dinamis. Istilah ini tidak secara langsung berhubungan dengan pemrograman, melainkan digunakan sebagai judul *project* yang kemudian yang diusulkan RAND *corporation* pada Angkatan Udara Amerika Serikat.

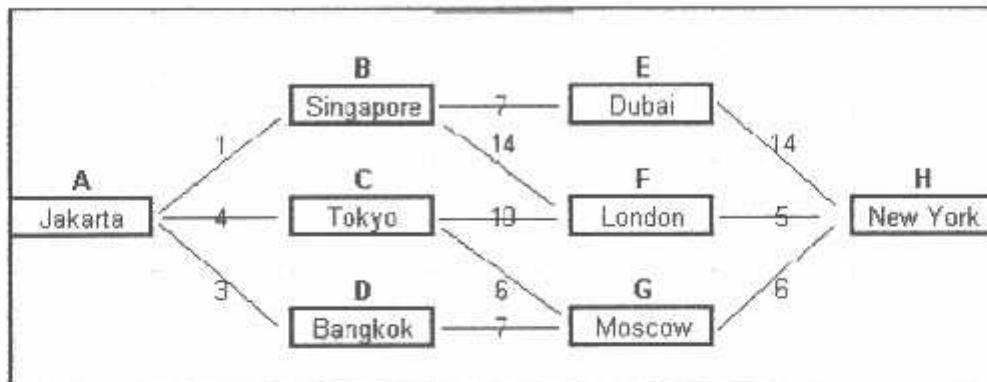
Selanjutnya, pada penerapannya pemrograman dinamis banyak digunakan pada proses optimalisasi masalah. Untuk mengartikannya, pemrograman dinamis dapat didefinisikan sebagai disain algoritma yang dapat digunakan, apabila dalam pencarian solusi untuk suatu problem matematis, langkah-langkahnya dapat dilihat dan diselesaikan, sebagai suatu urutan bertahap dari penyelesaian problem yang lebih kecil (sub problem) ke problem yang lebih besar.⁽⁹⁾

Pemrograman dinamis mempunyai tiga komponen utama yaitu :

1. Solusi dari masalah pemrograman dinamis dapat diformulasikan secara rekursif.
2. Terdapat tahap dimana pencarian solusi dilakukan pada suatu sub problem sebelum pencarian solusi dilakukan pada problem yang lebih besar.
3. Penyimpanan hasil dari pencarian solusi sub problem dapat digunakan untuk mencari solusi dari problem yang lebih besar.

Pemrograman dinamis dapat diaplikasikan pada pencarian jalur terpendek dalam grafik multi tahap (*multistage graph*) Pemrograman dinamis juga dapat diaplikasikan pada masalah grafik multi tahap (*multi stagegraph*), sebagai contoh gambar 2-4 yang menggambarkan jarak tempuh penerbangan dibeberapa kota

dunia. Tiap *verteks* yang menghubungkan dua titik di gambar (2-4) merepresentasikan panjangnya jarak tempuh antar dua kota.



Gambar 2-4
Kasus Multistage Graph ⁽⁹⁾

Dimisalkan terdapat persoalan untuk mencari jarak tempuh terpendek antara Jakarta ke New York, lewat manakah dan berapa jaraknya ?. Kita dapat menjawab persoalan ini dengan menghitung setiap kemungkinan melewati jalur-jalur yang ada, dan kemudian mencari jarak yang paling minimum, untuk pekerjaan ini. Tetapi kembali lagi masalah yang timbul adalah perlunya mengkombinasikan semua jalur untuk dapat menghasilkan jawaban dengan menggunakan pemrograman dinamis 2-4 dengan persamaan berikut:

$$R(A-H) = \text{Min}\{1+R(B-H), 4+R(C-H), 3 + (D-H)\} \dots\dots\dots (2-8)$$

Suatu properti yang dimiliki oleh pemrograman dinamis disebut dengan prinsip optimalitas (*principles of optimality*) yaitu: apabila di dalam pemecahan masalah terdapat langkah $D_1, D_2, D_3, \dots, D_n$,dan langkah ini optimal, maka, k keputusan terakhir, dimana $1 < k < n$, adalah suatu keputusan yang juga optimal. Atau dalam penerapannya dalam masalah pencarian jalur terpendek dari i ke j , dapat

dikatakan, apabila $i, R1, R2, R3, \dots, j$ adalah jalur terpendek dari i ke j , maka $R1, R2, R3, \dots, j$ adalah juga jalur terpendek dari $R1$ ke j .⁽¹⁰⁾

2.6. Teori Logika Fuzzy

Dalam bidang matematik, suatu elemen, dapat dikategorikan sebagai anggota suatu himpunan tertentu atau bukan, berdasarkan karakteristik yang dimilikinya. Fungsi karakteristik berlogika biner $[0, 1]$ digunakan untuk dua elemen dengan batasan-batasan yang jelas. Untuk elemen yang tidak memiliki batasan yang jelas, maka sulit untuk mengategorikannya kedalam anggota suatu himpunan atau bukan.⁽⁶⁾

Pada tahun 1965 *Lotfi Zadeh* dari *UNIVERSITY of CALIFORNIA* di *Bekeley*, mengembangkan teori kemungkinan ke dalam sebuah sistem dari logika matematika. Hal ini menarik perhatian para ilmuan dan teknisi tentang konsep yang berharga itu, yang dapat berkerja dalam bentuk bahasa natural yang tidak pasti. Logika *fuzzy* merupakan logika yang digunakan untuk menggambarkan dan mengubah bentuk *fuzzy*, yang disampaikan dalam variabel bahasa atau disebut juga variabel *fuzzy*.⁽¹⁾

Logika *fuzzy* berawal dari perkembangan teori himpunan *fuzzy* yang dikembangkan oleh *Lotfi Zadeh* (1965). Himpunan *fuzzy* adalah suatu himpunan dimana fungsi karakteristiknya adalah fungsi keanggotaan yang memberikan derajat keanggotaan pada setiap elemen pada himpunan itu dalam interval 0 sampai dengan 1. Untuk suatu semesta pembicaraan x , fungsi memetakan anggota x kejangkauan nilai-nilai derajat keanggotaan, yang dinyatakan dalam bentuk:

$$\mu(x) = X \rightarrow [0,1]$$

Derajat keanggotaan disebut juga nilai keanggotaan, dalam logika fuzzy peristiwa atau elemen x diberikan suatu derajat keanggotaan oleh sebuah fungsi keanggotaan μ . Nilai tersebut menggambarkan tingkat keanggotaan setiap elemen x yang dipunyai himpunan F , yang dinyatakan dalam bentuk:

$$\mu(x) = \text{degree}(x \in F)$$

Derajat keanggotaan dari x dibatasi dengan hubungan berikut:

$$0 \leq \mu_f(x) \leq 1$$

Fungsi keanggotaan yang digunakan didefinisikan berdasarkan:

- Representasi Linear Naik.

Dimana fungsi keanggotaannya di definisikan sebagai berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ (x-a)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ 1 & x \geq b \end{cases}$$

- Representasi Linear Turun.

Dimana fungsi keanggotaannya didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ (b-x)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ 1 & x \geq b \end{cases}$$

- Representasi Kurva Segitiga.

Dimana fungsi keanggotaannya didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x-a)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ (b-x)/(c-b) & b \leq x \leq c \end{cases}$$

- Representasi Kurva S

Dimana fungsi keanggotaannya didefinisikan sebagai berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ 2 \left\| \frac{(x-a)}{(b-a)} \right\|^2 & a \leq x \leq b \\ 1 - 2 \left\| \frac{(x-a)}{(c-a)} \right\|^2 & b \leq x \leq c \\ 1 & x \geq c \end{cases}$$

Dimana :

μ : Derajat keanggotaan.

x : Nilai *absolute*.

d : Batas bawah.

b : Batas tengah.

c : Batas atas.

2.6.1. Konfigurasi Dasar Sistem Logika Fuzzy⁽⁵⁾

Sebuah konfigurasi dasar dari sistem logika fuzzy terdiri dari empat komponen utama yaitu:

1) Fuzifikasi.

Fuzifikasi berhubungan dengan kekaburan dan ketidaktepatan dalam bahasa alami. Fuzifikasi menstran *formasikan* sebuah pengukuran kedalam sebuah penaksiran dari subjektif (himpunan fuzzy). Jadi secara ringkas fungsi dari fuzifikasi adalah sebagai berikut:

- Melakukan pengukuran variabel masukan.
- Melakukan *scale mapping* yang mentransferkan jangkauan dari nilai variabel masukan kedalam semesta pembicaraan yang berhubungan.

$$Z = \frac{(\mu_1 Z_1 + \mu_2 Z_2 + + \mu_i Z_i)}{(\mu_1 + \mu_2 + + \mu_i)}(2-9)$$

Dimana :

Z : Bobot rata-rata nilai *absolute* variabel *output*.

μ_1 : Derajat keanggotaan variabel pertama.

μ_i : Derajat keanggotaan variabel ke-i.

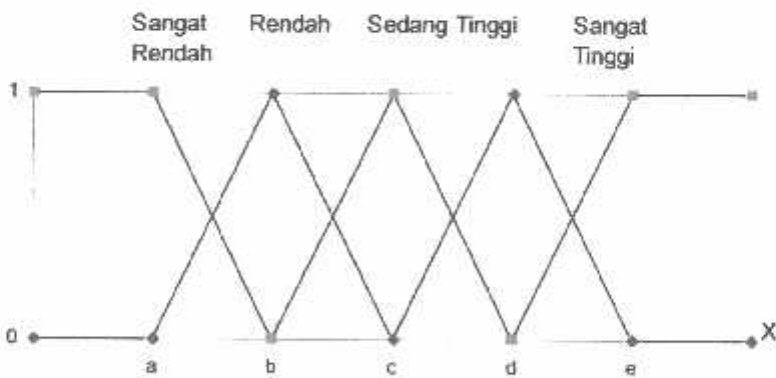
Z_1 : Nilai *absolute* variabel ke-1.

Z_i : Nilai *absolute* variabel ke-i.

2.6.2.Tahap Numeris dan Linguistik ⁽¹¹⁾

Secara singkat fungsi *fuzzifikasi* adalah untuk membuat atau menentukan himpunan dan input *fuzzy*. Dalam optimasi operasi waduk ada tiga variabel *fuzzy* yang akan dimodelkan yaitu:

- 1. *Variable Elevasi Relative* = 5 Himpunan (SANGAT RENDAH, RENDAH, SEDANG, TINGGI, SANGAT TINGGI)



Gambar 2-5
Himpunan Fuzzy Variable Elevasi Relative

Dimana fungsi keanggotaan untuk tiap – tiap himpunan *fuzzy* adalah:

Jika elevasi pada periode satu adalah X meter maka nilai keanggotaan *fuzzy* pada tiap – tiap himpunan adalah:

- Himpunan *fuzzy* SANGAT RENDAH adalah:

$$\mu_{\text{sangatrendah}}(x) = (b - X) / (b - a) \text{ untuk } b \leq X \leq a$$

- Himpunan *fuzzy* RENDAH adalah:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{rendah}}(x) &= (X - a) / (b - a) \text{ untuk } a \leq X \leq b; \text{atau} \\ &= (c - x) / (c - b) \text{ untuk } b \leq X \leq c \end{aligned}$$

- Himpunan *fuzzy* SEDANG adalah:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{sedang}}(x) &= (X - b) / (c - b) \text{ untuk } b \leq X \leq c; \text{atau} \\ &= (d - X) / (d - c) \text{ untuk } c \leq X \leq d \end{aligned}$$

- Himpunan *fuzzy* TINGGI adalah:

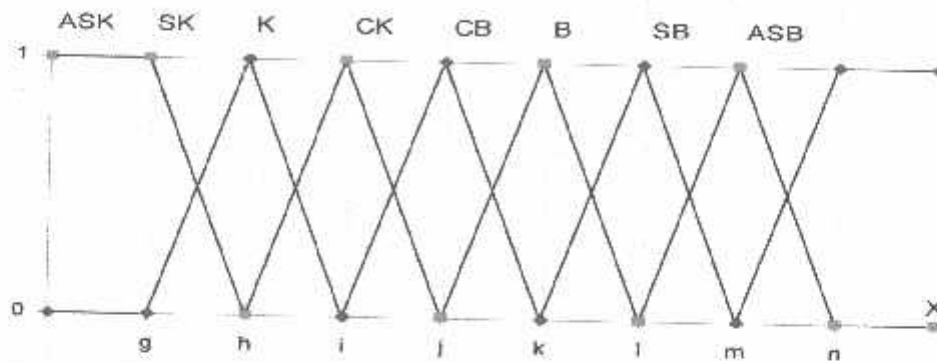
$$\begin{aligned} \mu_{\text{tinggi}}(x) &= (X - c) / (d - c) \text{ untuk } c \leq X \leq d; \text{atau} \\ &= (d - X) / (e - d) \text{ untuk } d \leq X \leq e \end{aligned}$$

- Himpunan *fuzzy* SANGAT TINGGI adalah:

$$\mu_{\text{sangattinggi}}(x) = (X - d) / (e - d) \text{ untuk } d \leq X \leq e.$$

2. *Variable Inflow Relative* = 4 Himpunan (SANGAT KECIL, KECIL, BESAR, SANGAT BESAR).

3. *Variable Outflow* – 8 Himpunan (AMAT SANGAT KECIL, SANGAT KECIL, KECIL, CUKUP KECIL, CUKUP BESAR, BESAR, SANGAT BESAR, AMAT SANGAT BESAR).



Gambar 2-7
Himpunan Fuzzy Variable Outflow

Dimana fungsi keanggotaan untuk tiap-tiap himpunan fuzzy adalah :

Jika *outflow* pada tiap periode adalah $X \text{ m}^3/\text{dt}$ maka nilai keanggotaan untuk tiap-tiap himpunan fuzzy adalah :

- Himpunan fuzzy AMAT SANGAT KECIL adalah:

$$\mu_{\text{amatsangatkecil}} = (h - X) / (h - g) \text{ untuk } g \leq X \leq h; \text{ atau}$$

- Himpunan fuzzy SANGAT KECIL adalah:

$$\mu_{\text{sangatkecil}} = (X - g) / (h - g) \text{ untuk } g \leq X \leq h; \text{ atau}$$

$$= (i - X) / (i - h) \text{ untuk } h \leq X \leq i$$

- Himpunan fuzzy KECIL adalah:

$$\mu_{\text{kecil}} = (X - h) / (i - h) \text{ untuk } h \leq X \leq i; \text{ atau}$$

$$= (j - X) / (j - i) \text{ untuk } i \leq X \leq j$$

- Himpunan fuzzy CUKUP KECIL adalah:

$$\mu_{cukup\text{kecil}} = (X - i) / (j - i) \text{ untuk } i \leq X \leq j; \text{ atau} \\ = (k - X) / (k - j) \text{ untuk } j \leq X \leq k$$

- Himpunan *fuzzy* CUKUP BESAR adalah:

$$\mu_{cukup\text{besar}} = (X - j) / (k - j) \text{ untuk } j \leq X \leq k; \text{ atau} \\ = (l - X) / (l - k) \text{ untuk } k \leq X \leq l$$

- Himpunan *fuzzy* BESAR adalah:

$$\mu_{\text{besar}} = (X - k) / (l - k) \text{ untuk } k \leq X \leq l; \text{ atau} \\ = (m - X) / (m - l) \text{ untuk } l \leq X \leq m$$

- Himpunan *fuzzy* SANGAT BESAR adalah:

$$\mu_{\text{sangat\text{besar}}} = (X - l) / (m - l) \text{ untuk } l \leq X \leq m; \text{ atau} \\ = (n - X) / (n - m) \text{ untuk } m \leq X \leq n$$

- Himpunan *fuzzy* AMAT SANGAT BESAR adalah:

$$\mu_{\text{amat\text{sangat\text{besar}}} = (X - m) / (n - m) \text{ untuk } m \leq X \leq n$$

BAB III

IMPLENTASI METODE *DYNAMIC PROGRAMMING* DAN *FUZY LOGIC* PADA PENGATURAN ELEVASI PLTA WADUK SELOREJO

1.1. Gambaran Umum

PLTA Selorejo terletak di kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang. Air di waduk Selorejo airnya berasal dari dua Kali besar yaitu Kali Konto dan Kali Kwayangan, yang dapat membangkitkan tenaga listrik sebesar 1 x 4800 kW yang disalurkan melalui saluran SUTT 70 kV Mendalan - Blimbing ke Malang dan saluran 20 kV untuk kecamatan Ngantang sendiri. Selanjutnya air yang keluar dari *Tailrace* PLTA Selorejo langsung disalurkan melalui saluran terowongan bawah tanah (*Head Race Tunnel*) atau disebut terowongan Pait menuju kolam tandon harian (KTH) Sekuli lama dan Sekuli baru, yang akan digunakan untuk membangkitkan listrik pada PLTA Mendalan. Dari PLTA Mendalan, air disalurkan ke KTH Siman untuk membangkitkan listrik pada PLTA Siman.⁽¹⁾

Optimasi waduk Selorejo dilakukan dengan tujuan untuk selama mungkin mendapatkan debit pembangkitan yang konstan sepanjang tahun, mengingat kapasitas maksimum terowongan Pait yang hanya 9.25 m³/detik, maka debit yang keluar dari PLTA Selorejo diatur sedapat mungkin mendekati 9.25 m³/detik, sehingga perlu adanya pengaturan debit *Outflow* PLTA Selorejo terhadap elevasi waduk agar tidak terjadi *Spillout* (pembuangan) baik melalui *Spillway* maupun *Tailrace*. Apabila akan terjadi *Spillout*, air harus diatur sedemikian rupa sehingga

air yang seharusnya terbuang dapat dimanfaatkan untuk pembangkitan pada periode selanjutnya.

Pada proses perhitungan optimasi PLTA Selorejo debit air yang dikeluarkan untuk pembangkitan diset pada $9.25 \text{ m}^3/\text{detik}$ untuk menghindari terbuangnya air melalui *Taillrace* karena terowongan Pait hanya mampu menyalurkan air yang telah dimanfaatkan untuk pembangkitan PLTA Selorejo sebesar $9.25 \text{ m}^3/\text{detik}$ ke PLTA Mendalan namun harus diperiksa apakah batasan $V_{\max}$ (Volume maksimum waduk) atau $V_{\min}$ (Volume minimum waduk) dilanggar atau tidak. Apabila kendala $V_{\max}$ dan $V_{\min}$ dilanggar, maka dengan metode ini secara otomatis debit air diperbesar atau diperkecil sampai batas $V_{\max}$ dan $V_{\min}$ tercapai. Dalam hal ini debit dibatasi maksimum $14.85 \text{ m}^3/\text{det}$ sesuai dengan kapasitas PLTA Selorejo atau minimum $5 \text{ m}^3/\text{det}$ sesuai dengan kebutuhan air irigasi di hilir PLTA Selorejo.

3.2. Pola Pengoperasian Waduk Selorejo

Seperti diketahui bahwa PLTA Selorejo beroperasi dengan memanfaatkan waduk Selorejo sebagai tampungan dari *Inflow* yang masuk kedalam waduk yang terutama berasal dari Kali Kwayangan dan Kali Konto sendiri. Data debit *Inflow* rata rata waduk Selorejo yang didapat dari Perum Jasa Tirta berupa data debit perdekade dimana pola operasi PLTA Selorejo selalu berubah setiap tahun, menyesuaikan dengan ramalan debit masukan (*Inflow*) waduk.

- a. Kapasitas waduk *Maksimum* : $62.300.000 \text{ m}^3$
- b. Kapasitas waduk efektif : $50.100.000 \text{ m}^3$

- c. Batas muka air tertinggi : EL 622.00 m
- d. Batas muka air terendah : EL 598.00 m
- e. Batas muka air operasi terendah : EL 606.00 m

Sedangkan konsep dasar yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Pola operasi dimulai pada awal bulan Januari dengan kondisi air waduk adalah separuh dari kapasitas waduk dan akhir pada operasi adalah bulan Desember.
- b. Pada akhir bulan bulan kering (Bulan November), mendekati atau pada batas muka air operasi terendah/minimum operating level (EL 605,90 m) pada saat musim penghujan mulai datang, maka pengisian waduk kembali dimulai.
- c. Peningkatan energi yang dibangkitkan diperoleh dengan cara menahan air selama mungkin diwaduk melalui perataan penggunaan air sehingga diperoleh tinggi jatuh (*nethead*) yang selalu tinggi dalam waktu yang relatif lama.

3.3. Kendala Operasi Waduk Selorejo

Kendala operasi waduk selorejo adalah kendala operasi dalam keadaan statis dan kebanyakan menyangkut koordinasi dengan keperluan irigasi dan pengendalian banjir. Tentu saja kendala seperti ini tidak ada apabila PLTA Selorejo menggunakan air hanya untuk keperluan pembangkitan tenaga listrik saja. PLTA Selorejo mempunyai kolam tahunan sehingga secara garis besar pola pengusahaan waduk tersebut didasarkan pada kriteria sebagai berikut :

- Waduk harus dapat menyediakan air untuk keperluan irigasi dimusim kemarau.
- Waduk harus dapat mengendalikan banjir dimusim hujan.
- Dimusim hujan pengisian air harus terkendali dalam arti :
 - a. Tidak terjadi pelimpasan yang berlebihan sehingga akan membahayakan waduk itu sendiri.
 - b. Seminimal mungkin air yang melimpas melalui *Tailrace* dan *Spillway* akibat tidak dapat disalurkan melalui terowongan Pait yang kapasitas pengaliran maksimumnya hanya 9.25 m³/detik.
- Di akhir 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.

3.4. Data-Data Teknis PLTA Waduk Selorejo

Dalam pengoperasian diperoleh data operasi perdekade dalam satu tahun selama Januari 2002 sampai dengan Desember 2002

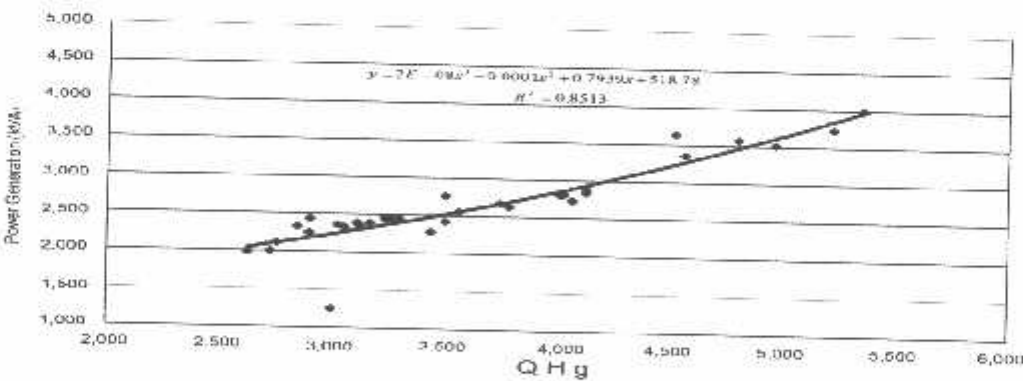
Tabel 3.1. Data Aktual Tahun 2002

DEKADE		Elevasi Aktual (m)	Elevasi Pola (m)	Outflow Aktual (m ³ /dt)	Outflow Pola (m ³ /dt)	Inflow Aktual (m ³ /dt)	Inflow Pola (m ³ /dt)
Jan	1	614,73	615,4	9,71	12	11,15	13,07
Peb	1	620,45	617,02	15,2	13,55	29,6	14,98
Mar	1	620,36	618,46	15,13	14	15,74	15,53
Apr	1	620,86	619,41	13,54	12	13,34	12,9
Mei	1	620,84	620,89	13,39	8	11,3	11,02
Jun	1	621,87	621,89	9,24	9,2	8,86	9,16
Jul	1	620,63	620,91	9,14	9,2	7,57	7,86
Agt	1	618,43	618,85	9,2	9,2	7,18	6,8
Sept	1	615,88	615,68	9,11	9,1	6,49	6,32
Okt	1	612,04	611,92	9,19	9,2	5,9	6,06
Nop	1	607,63	607,53	8,5	9,2	7,26	6,55
Des	1	608,42	606,45	8,5	8,06	9,68	8,74

Untuk data selengkapnya terlampir pada lampiran

3.5. 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 seperti pada grafik dibawah ini :



Gambar 3-1
Kurva Hubungan Elevasi Generator Output dan Debit
Pembangkitan Pada PLTA Waduk Selorejo

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

Tabel 3.2
Volume Waduk Pada Setiap Elevasi

ELEVASI (m)	VOLUME (m ³)	ELEVASI (m)	VOLUME (m ³)
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

Untuk data selengkapnya terlampir paa lampiran

3.6. Out Flow dan Debit Limpasan Pada Tail Race PLTA Selorejo

Sistem pengoperasian PLTA Selorejo yang ada pada saat ini mengikuti pola yang sudah ditetapkan dengan desain debit keluaran maksimum sebesar 14.8 m³/detik sesuai dengan kapasitas *Maksimum* turbin. Air keluaran PLTA tersebut kemudian tertangkap oleh *inlet* terowongan Mendalan (Terowongan Pait) menuju kolam harian Sekuli dengan kapasitas maksimum untuk mengalirkan air yaitu 9.25 m³/detik. Sisa debit keluaran (*Outflow*) yang ditangkap oleh terowongan Pait, dialirkan kembali melalui *Tailrace* Selorejo kembali kekali Konto. Dengan kondisi seperti ini, maka masukan air untuk pembangkitan PLTA Mendalan dan PLTA Siman akan sangat bergantung pada debit keluaran (*Outflow*) dari PLTA Selorejo.⁽²⁾

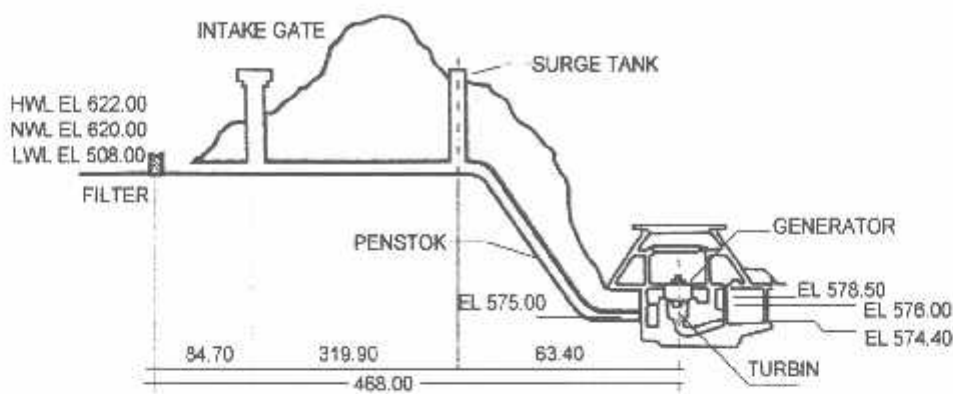
Dengan adanya perbedaan antara *Outflow* maksimum dan kapasitas maksimum terowongan Pait yang hanya 9.25 m³/detik maka akan muncul permasalahan yaitu adanya sisa air yang tidak termanfaatkan. Dari data yang didapat dari Perum Jasa Tirta, pada bulan Januari 2000 sampai Desember 2004 menunjukkan angka rata-rata debit air yang terbuang kembali kekali Konto adalah 4998412.8 m³. Angka ini akan terus bertambah besar apabila PLTA Selorejo

harus membangkitkan listrik dengan maksimal karena DMA waduk pada keadaan yang tinggi, dengan demikian *Outflow* PLTA Selorejo akan besar pula yang akan mencapai debit maksimumnya $14.8 \text{ m}^3/\text{detik}$, sedangkan debit maksimum dari terowongan Pait adalah $9.25 \text{ m}^3/\text{detik}$, sehingga sisa air terpaksa akan dibuang kembali kekalikonto melalui saluran *Tailrace*.

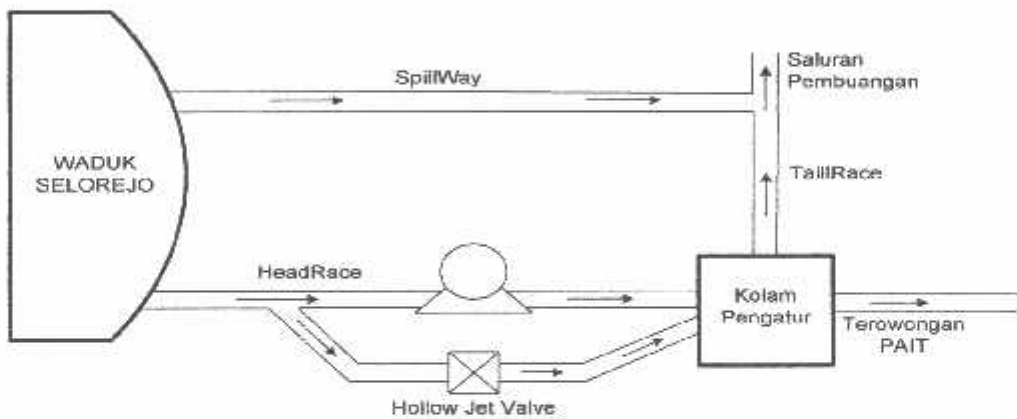
Untuk itu dengan berdasarkan data yang didapat yaitu Januari 2000 sampai Desember 2004, perlu dikaji kembali apakah operasi PLTA Selorejo dapat lebih dioptimalkan dengan membatasi debit yang terbangun dari *Tailrace* PLTA Selorejo yaitu dengan cara mengatur *Outflow* PLTA Selorejo agar mendekati $9.25 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan mengatur ketinggian Elevasi waduk Selorejo.

Pada Skripsi ini pola operasi Waduk PLTA Selorejo akan dioptimasi dengan ketentuan :

- 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 maksimum 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 $9.25 \text{ m}^3/\text{detik}$.



Gambar 3-2
Skema Potongan Memanjang PLTA Selorejo



Gambar 3-3
Skema Saluran Air Pada Waduk dan PLTA Selorejo

1. Spesifikasi waduk PLTA Selorejo

- Daerah pengaliran	: 236.000 km ²
- Batas muka air tertinggi (HWL)	: EL 622.00 m
- Batas muka air normal (NWL)	: EL 620.00 m
- Batas muka air terendah (LWL)	: EL 598.00 m
- Luas muka air EL 622.00	: 4.00 km ²

- Rencana debit banjir : 920.00 m³/detik
- Kapasitas waduk *Maksimum* : 62.300.000.00 m³
- Kapasitas waduk efektif : 50.100.000.00 m³
- Debit *Inflow* rata rata : 11.00 m³/detik

2. PLTA

Generator

- *Merk* : *Meidensha*
- *Type* : *Umbrella*
- *Capacity* : 5600 kVA
- *Voltage* : 6600 V
- *Frequency* : 50 Hz
- RPM : 500
- *Power Factor* : 0,80

Turbin

- Merk : Ebara
- *Type* : Kaplan
- *Effective Head* : 37.10 m
- *Maksimum Output* : 4800 kW
- *Maksimum Discharge* : 14.8 m³/detik
- *Minimum Discharge* : 4.00 m³/detik
- RPM : 500

Saluran Air

- *Headrace* : 14.8 m³/detik

- <i>Tailrace</i>	: 14.8 m ³ /detik
-Terowongan Pait	: 9.25 m ³ /detik (Mendalan <i>Intake</i>)
- <i>Hollow Jet Valve</i>	: 9.25 m ³ /detik (dibuka pada saat Turbin PLTA Selorejo dalam keadaan <i>Off</i>)
- <i>Spillway</i>	: Saluran pembuangan apabila waduk dalam keadaan penuh
-Saluran Pembuangan	: Saluran pembuangan kesungai Konto

Pada data teknis pembangkit diatas pada tulisan ini akan berfungsi sebagai kendala batas pelanggaran yang tidak boleh dilanggar pada proses optimasi menggunakan *Dynamic Programming* dan *Fuzzy Logic* yang akan dilakukan.

3.7 Basis Data Aturan

Berdasarkan data-data yang ada dibentuk aturan-aturan untuk pengoptimasian operasi waduk sebagai berikut:

- [*RULE_1*] *If Elevasi_{relatif} is SANGAT RENDAH and Inflow_{relatif} is SANGAT KECIL then Outflow is AMAT SANGAT KECIL.*
 - [*RULE_2*] *If Elevasi_{relatif} is SANGAT RENDAH and Inflow_{relatif} is KECIL then Outflow is SANGAT KECIL.*
 - [*RULE_3*] *If Elevasi_{relatif} is SANGAT RENDAH and Inflow_{relatif} is BESAR then Outflow is KECIL.*
 - [*RULE_4*] *If Elevasi_{relatif} is SANGAT RENDAH and Inflow_{relatif} is SANGAT BESAR then Outflow is CUKUP KECIL.*
-

[RULE_16] *If Elevasi_{relatif} is TINGGI and Inflow_{relatif} is SANGAT BESAR then Outflow is SANGAT BESAR.*

[RULE_17] *If Elevasi_{relatif} is SANGAT TINGGI and Inflow_{relatif} is SANGAT KECIL then Outflow is CUKUP BESAR.*

[RULE_18] *If Elevasi_{relatif} is SANGAT TINGGI and Inflow_{relatif} is KECIL then Outflow is BESAR.*

[RULE_19] *If Elevasi_{relatif} is SANGAT TINGGI and Inflow_{relatif} is BESAR then Outflow is SANGAT BESAR.*

[RULE_20] *If Elevasi_{relatif} is SANGAT TINGGI and Inflow_{relatif} is SANGAT BESAR then Outflow is AMAT SANGAT BESAR.*

Disini juga dapat dilihat bentuk tabel dari basis data aturan yakni hubungan elevasi dan inflow terhadap Outflow

Tabel 3.3 Basis Data Aturan

INFLOW \ ELEVASI	SR	R	S	T	ST	
	SK	ASK	SK	K	CK	CB
K	SK	SK	K	CK	CB	B
B	K	CK	CB	B	SB	ASB
SB	CK	CB	B	SB	ASB	

Keterangan :

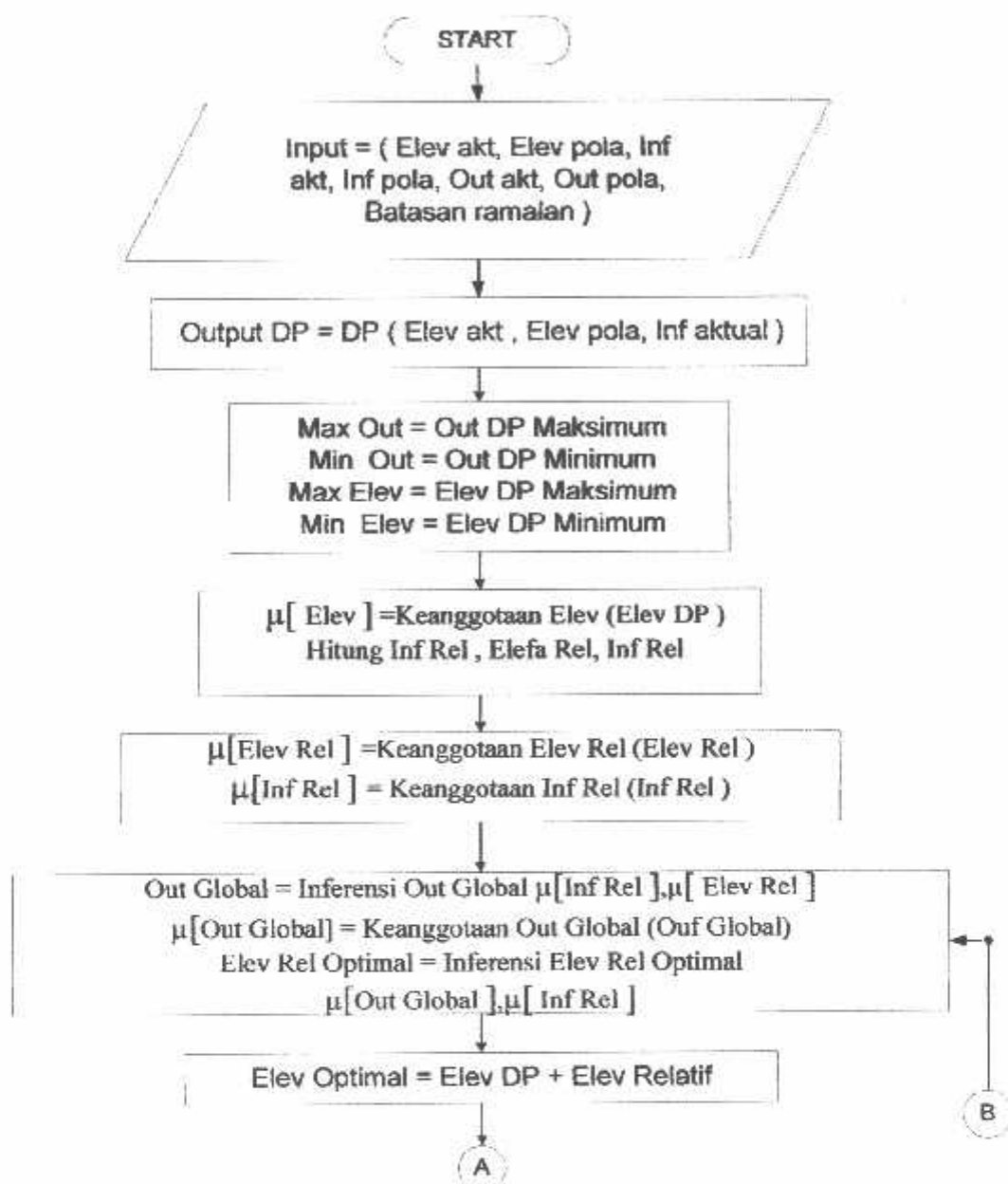
ASK :Amat Sangat Kecil

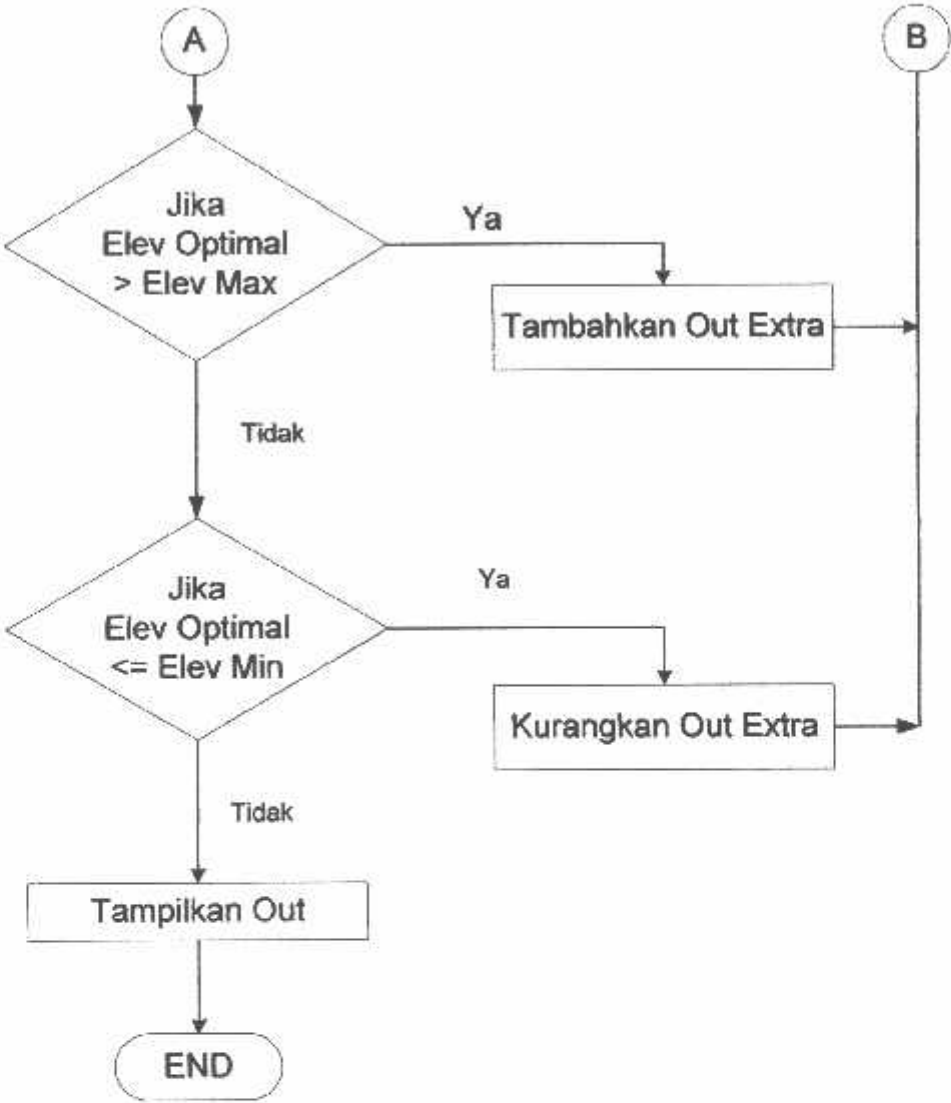
ASB :Amat Sangat Besar

CB :Cukup Besar

CK :Cukup Kecil

SB :Sangat Besar





Gambar 3-4
Flowchart

3.9. Validasi Program

Untuk Validasi pada skripsi ini mengacu pada jurnal "Penggunaan Program *Dynamic Deterministik* dalam Penentuan Kurva Pengatur Pengoperasian Waduk Berdasarkan Kondisi Musim Tahun Air", Vol. II No. 1, Juni 2005 dengan data pada jurnal sebagai berikut:

Tabel 3.4 Hasil Optimasi Perbandingan Elevasi

Bulan	Inflow aktual	Elevasi aktual
1	2	705.5
2	3	707.5
3	2	709.5
4	2	709.7
5	1	709
6	0.946	707.8
7	1	707.6
8	1	708.9
9	0.968	708.5
10	0.72	709.2
11	1	708.4
12	2	709.8

Tabel 3.5 Perbandingan Elevasi Terhadap Volume

Bulan	Elevasi	Volume
1	702.62	7.540.000
2	704.313	11.040.000
3	705.697	14.540.000
4	706.913	18.040.000
5	707.96	21.540.000
6	709.014	25.040.000
7	710.013	28.540.000
8	711.01	32.040.000
9	711.935	35.640.000
10	712.68	38.620.000
11	702.62	7.540.000
12	704.313	11.040.000

BAB IV

OPTIMASI PLTA SELOREJO DENGAN METODE HIBRID DYNAMIC PROGRAMMING DAN FUZZY LOGIC

4.1. Pendahuluan

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisa metode Hybrid Dynamic Programing dan Fuzzy logic pada optimasi PLTA Selorejo dengan data teknis dan penyelesaian masalah yang akan dijelaskan sebagai berikut.

4.2. Fitur Aplikasi

Pada tahap awal *user* harus menginputkan data yang akan dianalisa dengan mengeksekusi tombol “Load ” atau tombol “Lokup Table” yang telah disediakan pada aplikasi ini. Berikut adalah *Screen Shot* dari fitur ini.



Gambar 4-1
Screen Shot Aplikasi Ada Fitur Utama

Sedangkan tombol “Load data look up” adalah sebagai fasilitas untuk menginput *tabel look up* yang memuat hubungan antara elevasi dengan volume.

Setelah *tabel look up* dan data aktual PI.TA telah dimasukan tahap selanjutnya adalah aplikasi akan memuat data tersebut pada media penampil *StringGrid* berikut adalah tampliannya.

Variable Kontrol	
Elevasi Maks	622 m
Elevasi Min	605.9 m
Outflow Maks	14.85
Outflow Min	5
Volume Maks	47506282.04
Volume Min	10316577.48
Outflow ekstra	0.1
Batas Tailrace	9.25

Parameter	
Elevasi (m)	Volume (m3)
605.9	10316577.48
606	10433272.49
606.1	10570991.45
606.2	10699739.25
606.3	10829520.82
606.4	10960341.07
606.5	11092204.94
606.6	11225117.38
606.7	11359083.36
606.8	11494107.85

Gambar 4-2
Screen Shot Aplikasi Pada Form Lookup

Dan data data yang dimasukan adalah data data waduk selorejo yang diperoleh dari perumjasatirta,data tersebut yakni data Volume terhadap Elevasi. Setelah memasukan data tersebut Kita juga harus mengeset batasan-batasan pelanggaran yang tidak boleh dilanggar yakni berupa Elevasi maksimum,Elevasi minimum, *Outflow* maksimum ,*Outflow* minimum Volume maksimum,Volume minimum, *Outflow* ekstra dan batas *Tailrace*

DYNAMIC FUZZY PLTA - H:\xxxxxxxxxxxxxxxx\ACCVPLTA\FDP\Data\2002.BST

Data Input | Optimasi DP | Optimasi Elevasi | Fuzzy Final | Grafik OutFlow | Grafik Elevasi | Grafik Energi | Final Result

Bin	E.Aktual	E.Pola	O.Aktual	O.Pola	I.Aktual	I.Pola
Jan-1	614.73	615.4	9.71	12	11.15	13.07
Jan-2	614.99	615.55	6.35	12	11	12.37
Jan-3	617.36	616.5	11.9	13.4	17.62	15.71
Feb-1	620.45	617.02	15.2	13.55	29.6	14.98
Feb-2	620.94	617.51	28.4	14	30.26	15.38
Feb-3	620.14	617.95	22.77	14.5	19.56	16.02
Mar-1	620.36	618.46	15.13	14	15.74	15.53
Mar-2	620.76	618.72	14.72	13	16.11	13.82

> Add ☒ Save

⊕ Optimasi Dynamic Fuzzy

Gambar 4-3
Screen Shot Aplikasi Pada Form Data Input

Setelah dimasukan semua batasan-batasan pelanggaran program akan dijalankan dan diatas kita dapat melihat hasil data tahun 2002 disini juga kita dapat melihat data Elevasi actual, Elevasi pola, Outflow actual, Outflow pola, Inflow pola, dan Inflow actual. Data-data tersebut merupakan variabel data yang dipruntukan untuk optimasi awal berupa optimasi *Dynamic Programming*

4.3. Proses Analisa Data

Berdasarkan perhitungan pada program batas yang ditentukan untuk setiap variabel pada penyelesaian masalah adalah sebagai berikut:

- Elevasi aktual.

Maksimum 621,95 m.

Minimum 606.89 m.

- *Outflow* aktual.

Maksimum 14.24 m³/dt.

Minimum 6.22 m³/dt.

- Elevasi *relative*.

Maksimum 2.59 m.

Minimum -9.72 m.

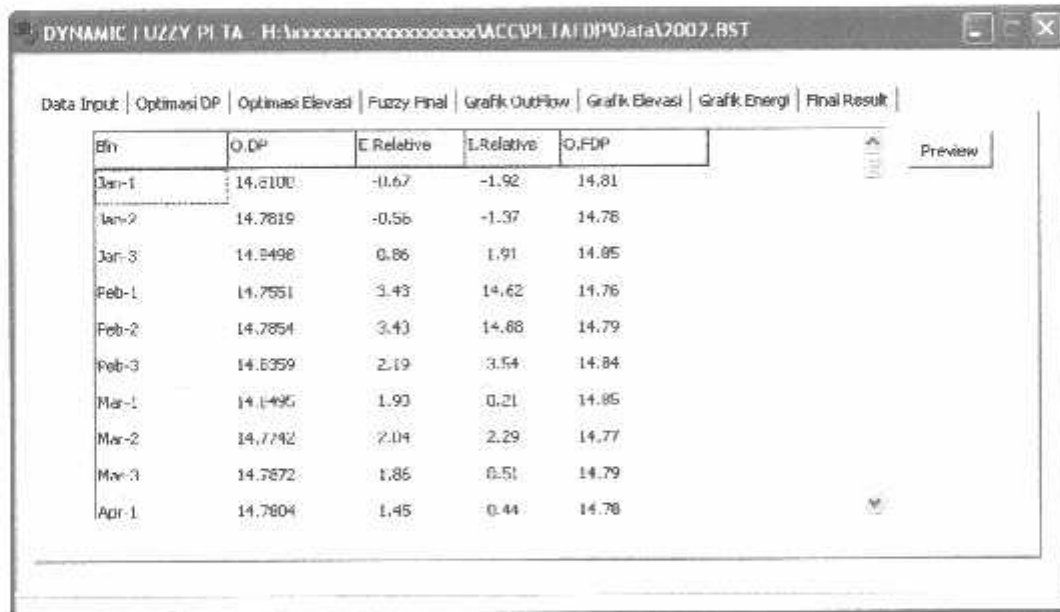
- *Inflow* *relative*.

Maksimum 9.34 m³/dt.

Minimum -4.01 m³/dt.

Selanjutnya dapat dilakukan dengan mengaplikasikan fungsi pada tombol

"Optimasi *Dynamic Fuzzy*".



The screenshot shows a software window titled "DYNAMIC FUZZY PI TA" with a file path "H:\xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx\UCC\PI TA\DP\data\2002.BST". The window has several tabs: "Data Input", "Optimasi DP", "Optimasi Elevasi", "Fuzzy Final", "Grafik OutFlow", "Grafik Elevasi", "Grafik Energi", and "Final Result". The "Optimasi DP" tab is active, displaying a table with the following data:

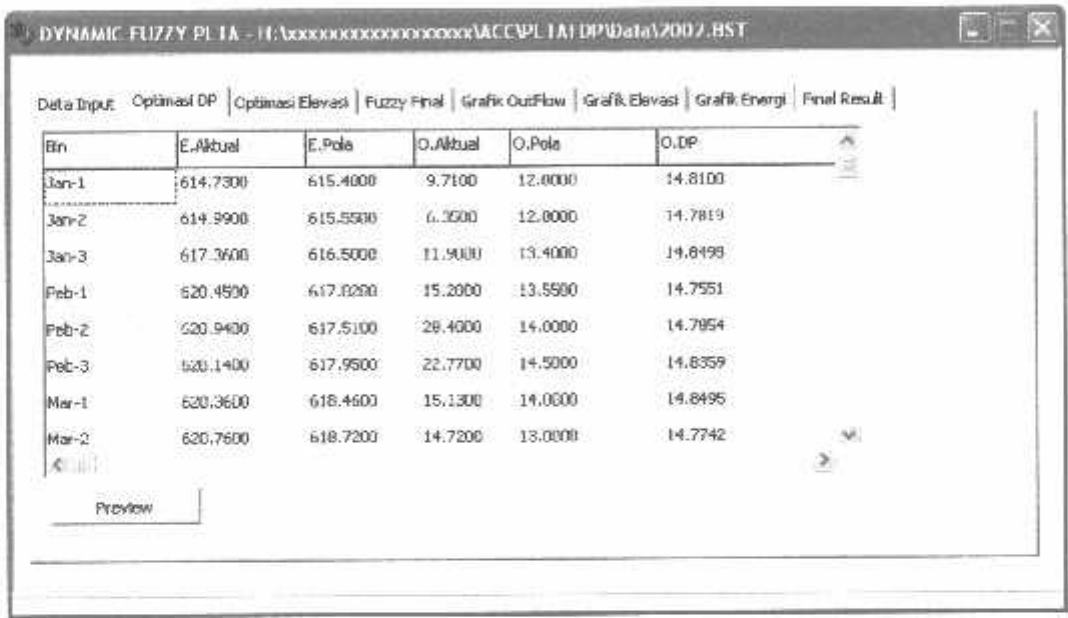
Bln	O,DP	E Relative	I,Relative	O,FDP
Jan-1	14.6100	-11.67	-1.92	14.81
Jan-2	14.7819	-0.56	-1.37	14.78
Jan-3	14.9498	0.86	1.91	14.85
Feb-1	14.7551	3.43	14.62	14.76
Feb-2	14.7854	3.43	14.88	14.79
Feb-3	14.6359	2.19	3.54	14.84
Mar-1	14.1495	1.93	0.21	14.85
Mar-2	14.7742	2.04	2.29	14.77
Mar-3	14.7872	1.85	0.51	14.79
Apr-1	14.7804	1.45	0.44	14.78

There are navigation arrows and a "Preview" button on the right side of the table.

Gambar 4-4
Screen Shot Aplikasi Pada Form Data Pengoptimasian

Tombol “Optimasi *Dynamic Fuzzy*” digunakan untuk melakukan pengolahan data *input* yang telah dimasukan pada setiap variabel untuk digunakan perhitungan

Berikut ini adalah hasil tampilan untuk *Otput dynamic programing* yang dikemas dalam fungsi pada tombol “*Optimasi DP*”, seperti penjelasan pada gambar data



The screenshot shows a software window titled "DYNAMIC FUZZY PLTA - H:\xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx\ACCPLTA\DP\Data\2007.BST". It features a tabbed interface with the "Optimasi DP" tab selected. The table below represents the data displayed in this tab.

Data Input	Optimasi DP	Optimasi Elevasi	Fuzzy Final	Grafik OutFlow	Grafik Elevasi	Grafik Energi	Final Result
Bin	E.Aktual	E.Pola	O.Aktual	O.Pola	O.DP		
Jan-1	614.7300	615.4000	9.7100	12.0000	14.8100		
Jan-2	614.9900	615.5500	6.3000	12.0000	14.7819		
Jan-3	617.3600	616.5000	11.9000	13.4000	14.8499		
Feb-1	620.4500	617.0200	15.2000	13.5500	14.7551		
Feb-2	620.9400	617.5100	28.4000	14.0000	14.7954		
Feb-3	620.1400	617.9500	22.7700	14.5000	14.8359		
Mar-1	620.3600	618.4600	15.1300	14.0000	14.8495		
Mar-2	620.7600	618.7200	14.7200	13.0000	14.7742		

Gambar 4-5
Screen Shot Aplikasi Pada Form Data Optimasian DP

Setelah optimasi *dynamic proraming* dilakukan maka hasil akhir dapat dilihat pada tabsheet-tabsheet yang telah disediakan. Output yang di tampilkan adalah berupa data dalam bentuk table.

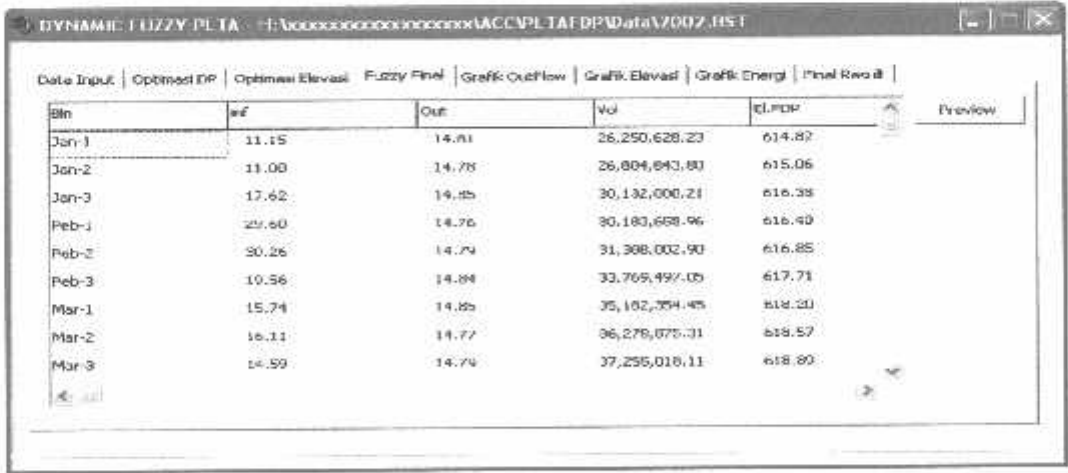
Setelah menerapkan perhitungan awal pada fungsi optimasi *Dynamic proraming* maka didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Optimasi *Dynamic Programming* Tahun 2002

Bln	Elevasi Aktual (m)	Elevasi Pola (m)	Outflow Aktual (m ³ /dt)	Ouflow Pola (m ³ /dt)	Ouflow DP (m ³ /dt)
1-Jan	614.73	615.4	9.71	12	14.81
2-Jan	614.99	615.55	6.35	12	14.7819
3-Jan	617.36	616.5	11.9	13.4	14.8498
Peb-1	620.45	617.02	15.2	13.55	14.7551
Peb-2	620.94	617.51	28.4	14	14.7854
Peb-3	620.14	617.95	22.77	14.5	14.8359
1-Mar	620.36	618.46	15.13	14	14.8495
2-Mar	620.76	618.72	14.72	13	14.7742
3-Mar	620.97	619.11	14.08	13	14.7872
1-Apr	620.86	619.41	13.54	12	14.7804
2-Apr	620.69	619.81	13.7	12	14.7699
3-Apr	621.44	619.98	10.38	12	14.8163
Mei-1	620.84	620.89	13.39	8	14.7792
Mei-2	621.43	621.46	9.01	8	14.8157
Mei-3	620.84	621.99	7.37	8	14.7792

Untuk data selengkapnya terlampir pada lampiran

Berdasarkan data pada tabel diatas maka didapatkan batas untuk *outflow* optimasi lokal dengan nilai maksimum 14.8498 m³/dt dan nilai minimum 11.6429 m³/dt. Setelah nilai batasan telah di tetapkan maka optimasi *Fuzzy* diterapkan, berikut adalah hasil perhitungan optimasi *Fuzzy* akhir pada program.

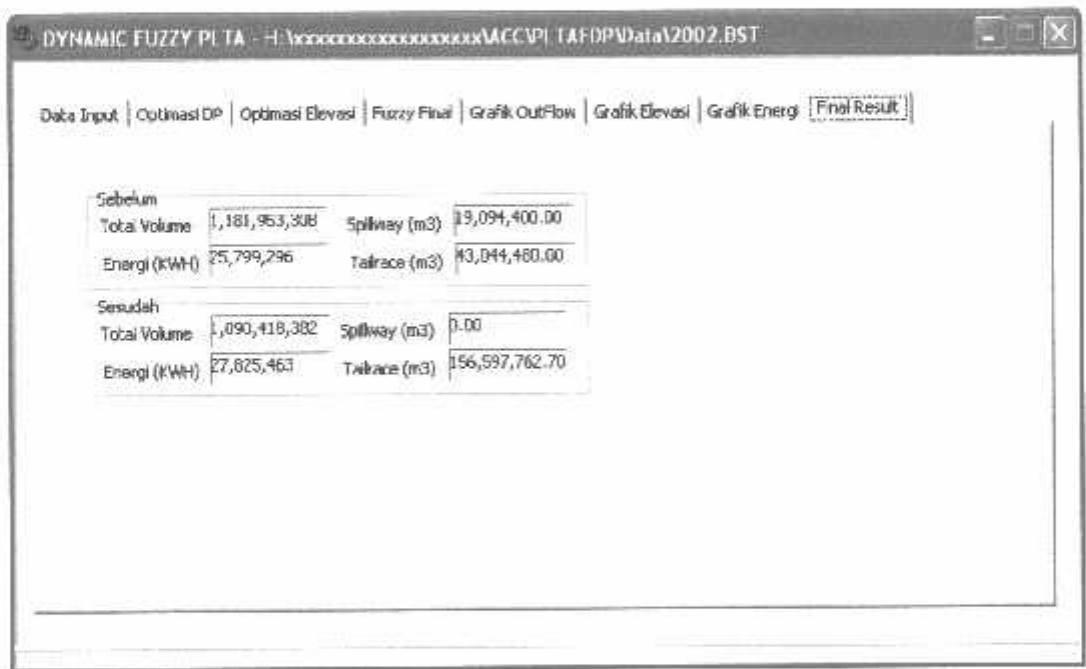


Gambar 4-6
Screen Shot Aplikasi Pada Hasil Optimasi *Fuzzy Final*

Dari data keseluruhan sebelum optimasi dan sesudah optimasi diperoleh *Final Result* adalah scbagai berikut:

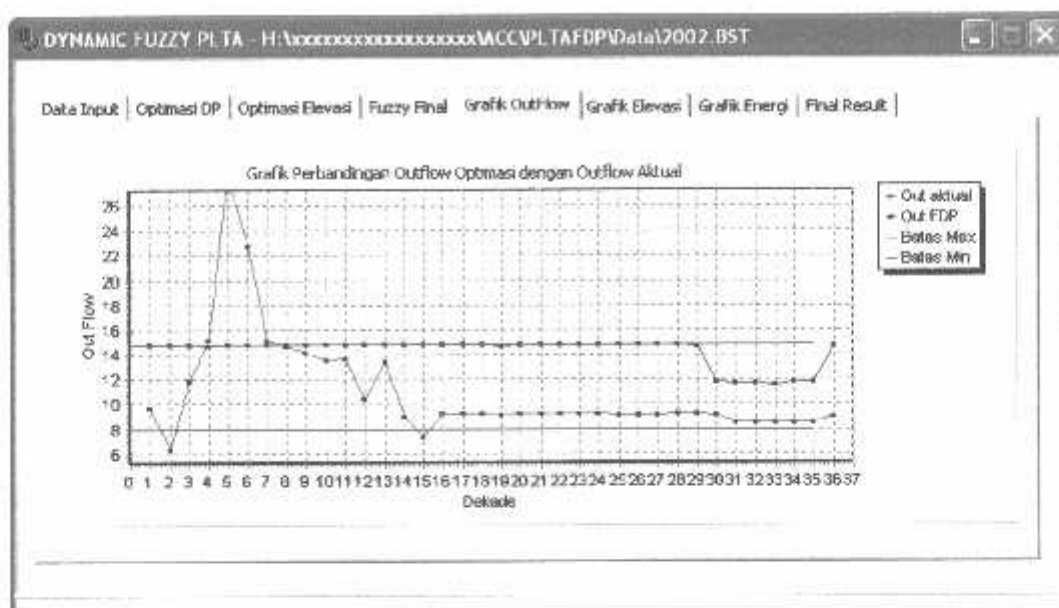
- Total Volume. Sebelum 1,181,953,308 m³ dan kalau dibandingkan dengan total volume Sesudah 1,090,418,382 m³ dapat dilihat hasil perbedaannya
- *Tairace* Sebelum 43,004,480 m³/dt dan kalau dibandingkan dengan Total *Tairace* Sesudah 0,00 m³/dt disini juga daapt dilihat hasil perbedaannya
- *Spillway* Sebelum 34,197,120.00 m³/dt dan kalau dibandingkan dengan Total *Spillway* Sesudah 0.00 m³/dt

Dan dibawah ini bentuk tampilan dari hasil perhitungan keseluruhan



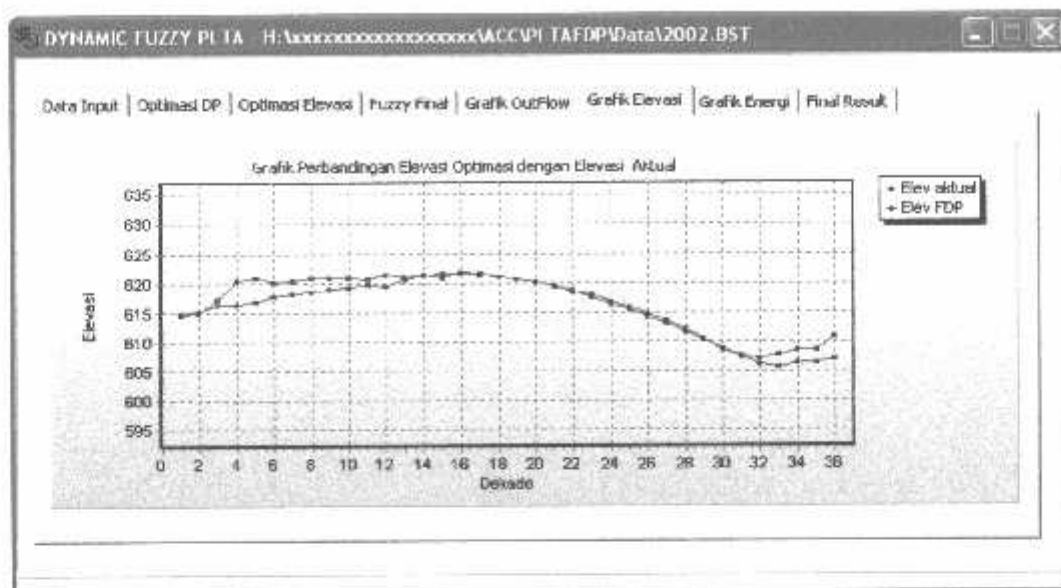
Gambar 4-8
Screen Shot Aplikasi Optimasi *Final Result*

Dari hasil keseluruhan sebelum optimasi dan sesudah optimasi diperoleh Visualisasi grafik dari data *outflow*, elevasi dan energi pada tabel diatas adalah sebagai berikut:



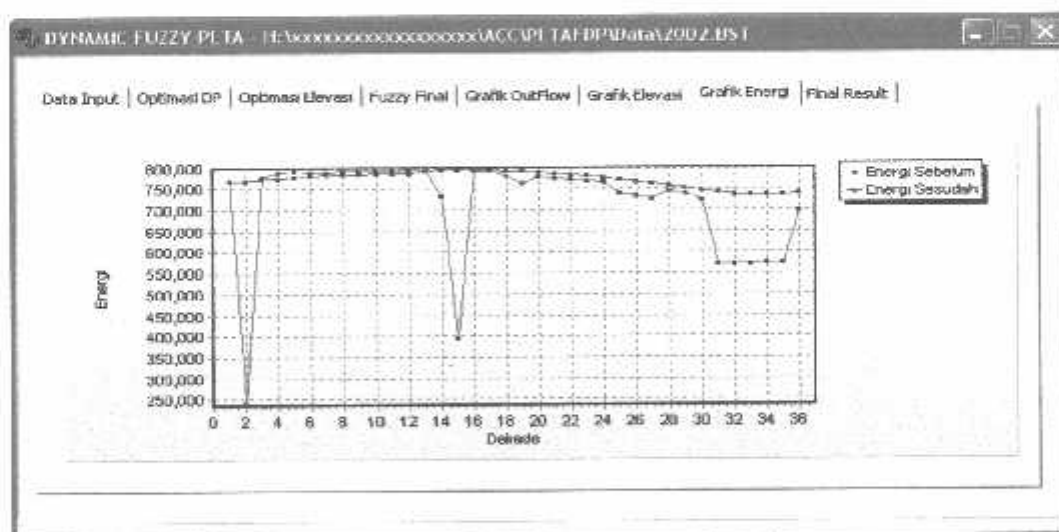
Grafik 4.1
Grafik *Outflow* Optimasi dan *Outflow* Aktual

Dari gambar grafik diatas dapat kita lihat bentuk garis grafik dari *Outflow* Aktual (garis grafik merah) yang tidak konstan karna pada dasarnya tujuan dari pada skripsi ini adalah mengoptimasikan daya dengan cara mengatur *Outflow* jadi apa bila outflow yang kita hasilkan tidak stabil maka secara tidak langsung Energi yang akan kita hasilkan tidak akan satabil hal tersebut sudah pasti akan bertolakbelakang dengan tujuan yang dimaksud. Dari grafik tersebut juga dapat kita lihat dan bandingkan dengan garis grafik *Outflow* FDP (garis biru) walaupun melebihi batas rata-rata yang diinginkan(9,25) tetapi tetap konstan dan tidak melebihi batas maksimumdan batas minimum.



Grafik 4.2
Grafik Elevasi Optimasi dan Elevasi Aktual

Sedangkan elevasi tetap konstan dan tidak sampai melebihi batas ambang dari waduk tersebut (Maksimum 621,95 m.) Dan kurang dari batas (Minimum 606,89 m.) Walaupun *Outflow* yang dihasilkan konstan.



Grafik 4.3
Grafik Energi Optimasi dan Energi Aktual

Dari grafik energi diatas ini juga dapat kita lihat perbandingan yang sangat mencolok. Grafik energi sebelum optimasi (garis grafik Merah) yang tidak konstan

naik turunnya energi sangat drastis, pada pada dekade kedua energi yang dihasilkan menurun sampai 250.000 KWII dan langsung naik lagi pada dekade ke tiga dan setabil kembali sampai dekade ke empat belas dan menurun kembali ke dekade ke lima belas, tapi kalau dibandingkan dengan energi sesudah optimasi perbedaan sangat mencolok dari grafik dilihat kestabilannya dari dekade pertama sampai dekade ke tiga puluh enam

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan analisa dan pembahasan dari permasalahan yang ada di PLTA Selorejo pada bab – bab yang telah di uraikan sebelumnya, maka dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Stabilitasnya *outflow* yang di hasilkan menyebabkan daya yang dihasilkan juga relatif stabil sehingga total daya yang dihasilkan lebih besar di bandingkan sebelum optimasi, berikut adalah peningkatan daya yang diperoleh setelah optimasi:

Pola Operasi pembangkitan *aktual* pada tahun 2002 total energi sebesar 25,799,296. KWh., sedangkan hasil optimasi dengan metode logika fuzzy, dengan total energi yang dihasilkan 27,825,463.KWh, atau dengan kata lain pada tahun 2002 terjadi optimasi sebesar 7,28%

2. Mengacu pada hasil optimasi dapat dijelaskan dengan rincian sebagai berikut:

pada hasil optimasi tersebut dapat dikatakan *outflow* pada tiap dekade tahun 2002 setelah optimasi rata-rata kurang dari 14,85 m³/detik hal tersebut dapat dilihat dari volume air pada *spillway* sesudah optimasi dapat diminimalisir sampai 100% dari sebelum optimasi, namun rata-rata volume *outflow* sesudah optimasi lebih banyak mengalir melalui *tailrace* dari *ouflow* sebelum optimasi sebesar 72,5%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. W Jakop .ST "Penggunaan dan pertimbangan Fuzzy untuk Pengopersian waduk
Pada PLTA waduk Karangates "
 - [2]. Marsudi Djiteng Ir., "Operasi Sistem Tenaga Listrik " Balai penerbit dan
Humas ISTN Jakarta selatan, 1996.
 - [3]. M.M Dandekar dan K.N.Sharma, " Pembangkit Listrik Tenaga Air ",
Institut of Engineers India
 - [4]. Ir. H. Abdullah Almizan, MSEE, " Catatan & Diktat Kuliah Pembangkit
Energi Elektrik ", Institut Teknologi Nasional Malang.
 - [5]. Dewi Sri Kusuma, " Kecerdasan Buatan ", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2003
 - [6]. Dewi Sri Kusuma, " Pencarian Heuristik ", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2005
 - [7]. Institut Universitas Gajahmada Jokjakarta, 1985 "Variabel Random
Pobabilitas dan Ptokastik ",
 - [8]. " Matematika *Diskrit* ", Elex Media Computindo, Jakarta, 2003
 - [9]. [http://www.ilmukomputer.com// Kuliah Umum IlmuKomputer.html](http://www.ilmukomputer.com//KuliahUmumIlmuKomputer.html),
"Aplikasi Pemrograman Dinamis Dalam Bioinformatika",
©2003-2006 IlmuKomputer.Com
 - [10]. Faturahman Imam, ST "Optimasi PLTA Waduk Selorejo dengan Pendekatan
Metode *Dynamic Programming By Successive Aproximation*
(PDSA)".
 - [11]. S Bahesti Muhamat ST " Penerapan Metode *Fuzzy* Pada Pembangkitan Energi
listrik Tenaga Air"
-



LEMBAR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika *)

1	Nama Mahasiswa : PAULUS S WIS	Nim : 0012150
2	Waktu pengajuan	Tanggal : Bulan : 9 Tahun : 2006
3	Spesifikasi judul (berilah tanda silang) a. Sistem Tenaga Elektrik b. Energi & Konversi Energi c. Tegangan Tinggi & Pengukuran d. Sistem Kendali Industri e. Elektronika & Komponen f. Elektronika Digital & Komputer g. Elektronika Komunikasi h. lainnya	
4	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen *) : I. Rizwan Abdullah, MSc	Mengetahui, Ketua Jurusan Ir. F. Yudi Limpraptono, MT Nip. Y. 1039500274
5	Judul yang diajukan mahasiswa :	OPTIMASI DAYA PADA PEMBANGKIT DENGAN DYNAMIC PROGRAMING SEBAGAI FUNGSI OPTIMASI AWAL DAN METODE FUZZY LOGIC SEBAGAI FUNGSI OPTIMASI AKHIR
6	Perubahan Judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu	
7	Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu	Disetujui, 28-09-2006 Dosen Amizah

Perhatian :

1. Formulir Pengajuan ini harap dikembalikan kepada jurusan paling lambat satu minggu setelah disetujui kelompok dosen keahlian dengan dilampirkan proposal skripsi beserta persyaratan skripsi sesuai form S-1
2. Keterangan : *) coret yang tidak perlu
**) dilingkari a, b, c, ... atau g.sesuai bidang keahlian



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. RAYA KARANGLO KM 02
MALANG

Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak Ir.H.Almizan Abdullah MSEE
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertandatangan di bawah ini:
Nama : PAULUS SUSANTO LUIS
Nim : 00. 12. 150
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama/Pendamping *), untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir):

**“Optimasi Daya Pada Pembangkit dengan Dynamic Programming
sebagai Fungsi Optimasi Awal dan Metode Fuzzy Logic sebagai
Fungsi Optimasi Akhir”**

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.

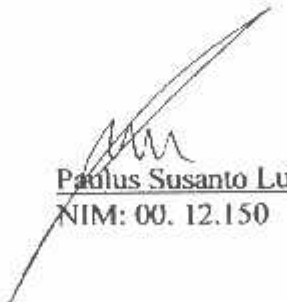
Demikian surat permohonan kami dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Malang, Mei 2006

Hormat kami,

Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1


Ir. F. Yudi Impraptono, MT
NIP. 1039500274


Paulus Susanto Luis
NIM: 00. 12. 150

Form S-3a



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
JL. RAYA KARANGLO KM 02
MALANG

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i:

Nama : PAULUS SUSANTO LUIS

Nim : 00.12.150

Semester : XIII

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini menyatakan bersedia / tidak bersedia *) Membimbing Skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul:

**“Optimasi Daya Pada Pembangkit dengan Dynamic Programming
sebagai Fungsi Optimasi Awal dan Metode Fuzzy Logic sebagai
Fungsi Optimasi Akhir”**

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergukan seperlunya.

Malang,

Kami yang membuat pernyataan,

Ir. H. Almizan Abdulah, MSEE
NIP. 1039000208

Catatan:

Setelah di setuju agar formulir ini
Diserahkan mahasiswa/i yang bersangkutan
Kepada Jurusan untuk diproses lebih lanjut.

*) coret yang tidak perlu

Form S-3b



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
JL. RAYA KARANGLO KM 02
MALANG

Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Ibu. Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : PAULUS SUSANTO LUIS
Nim : 00.12.150
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama/Pendamping *), untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir):

**“Optimasi Daya Pada Pembangkit dengan Dynamic Programming
sebagai Fungsi Optimasi Awal dan Metode Fuzzy Logic sebagai
Fungsi Optimasi Akhir”**

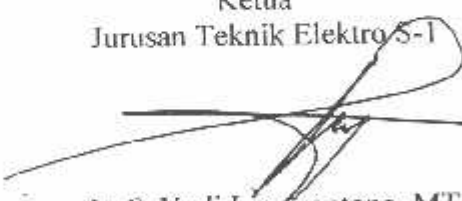
Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.

Demikian surat permohonan kami dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Malang, Mei 2006

Hormat kami,

Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1


Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. 1039500274


Paulus Susanto Luis
NIM: 00.12.150

Form S-3a



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
JL. RAYA KARANGLO KM 02
MALANG

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa/i:

Nama : PAULUS SUSANTO LUIS

Nim : 00.12.150

Semester : XIII

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini menyatakan bersedia / tidak bersedia *) Membimbing Skripsi dari mahasiswa tersebut, dengan judul:

**“Optimasi Daya Pada Pembangkit dengan Dynamic Programming
sebagai Fungsi Optimasi Awal dan Metode Fuzzy Logic sebagai
Fungsi Optimasi Akhir”**

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang,

Kami yang membuat pernyataan,

Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT
NIP. 132314400

Catatan:

Setelah di setuju agar formulir ini
Diserahkan mahasiswa/i yang bersangkutan
Kepada Jurusan untuk diproses lebih lanjut.
*) coret yang tidak perlu

Form S-3b

Malang, 22 April 2006

Perihal : Permohonan dispensasi dalam pengajuan skripsi

Lampiran :

Kepada

Yth. Ketua Jurusan Teknik Elektro

Di tempat.

Dengan hormat,

Schubungan dengan adanya kendala dalam pengajuan skripsi saya, yang mengharuskan seluruh nilai praktikum dan mata kuliah dicantumkan, maka dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Paulus Susanto Luis

Nim : 00. 12. 150

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Kosentrasi : Teknik Energi Listrik

Memohon agar bapak berkenan mengijinkan saya untuk mengajukan skripsi dimana ada beberapa kegiatan praktikum dan mata kuliah yang merupakan prasyarat pengajuan skripsi yang sedang saya ikuti. Apabila nilai tersebut belum juga keluar, maka saya bersedia untuk menunda mengikuti yudisium.

Demikian surat permohonan ini atas perhatian dan kebijaksanaan Bapak, saya ucapkan banyak terima kasih.

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro Pemohon


(Ir. F. Yudi Limprantono, MT)
NIP. Y: 1039500274

Hormat saya,

Pemohon


Paulus Susanto Luis
NIM: 00. 12. 150

MK - Termodinamika - E
Materi B - E

Mesin B - ditunggu gwy 20/5/2006

Prak: Instalasi } belum
- R.L. } diampun
- 4 controller }



PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang betanda tangan dibawah ini :

Nama : Paulus S Luis
NIM : 0012150
Semester : ~~XII~~
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika / Teknik Energi Listrik
Alamat :

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat **SKRIPSI Tingkat Sarjana**. Untuk melengkapi permohonan tersebut, bersama kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

Adapun persyaratan-persyaratan pengambilan **SKRIPSI** adalah sebagai berikut :

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan Laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB) sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh mata kuliah ≥ 134 sks dengan IPK ≥ 2 dan tidak ada nilai E (.....)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenaran data tersebut diatas
Recording Teknik Elektro

(.....)

Disetujui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

(.....)
Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. P. 1039500274

Malang,200

Pemohon

(.....)

Mengetahui
Dosen Wali

(.....)

Catatan :

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Jurusan/Sekretaris Jurusan T. Elektro S-1

- IPK 2.71 / 2.10
1.
 2.
 3. - 2 MK 7.E
- 1 MK masih program.
- 3 praktikum yg belum



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : PAULUS SUSANTOLUIS
Nim : 00121507
Masa Bimbingan : 21 Februari s.d 21 Agustus 2007
Judul skripsi : OPTIMASI DAYA PADA PEMBANGKIT DENGAN
DENGAN METODE HYBRID DYNAMIC PROGRAMING
DAN FUZZY LOGIC PADA PLTA SELOREJO

No	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
1.	14-05-07	1. Apakah akan menggunakan Fuzzy Similarity atau hanya Fuzzy Logic. (dikombinasikan dg DP)	
2.	14-02-08	Bab II : Merumuskan masalah Teori: 1. DP 2. Fuzzy logic Bab III : Data Proyek.	
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			

Malang 2007
Dosen Pembimbing I

Ir.H Almizan Abdullah, MSEE
NIP. Y. 1039000208

From. S-4b



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : PAULUS SUSANTOLUIS
Nim : 0012150
Masa Bimbingan : 21 prebuari s.d 21 Agustus 2007
Judul skripsi : OPTIMASI DAYA PADA PEMBANGKIT DENGAN
DENGAN METODE HYBRID DYNAMIC PROGRAMING
DAN FUZZY LOGIC PADA PLTA SELOREJO

No	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
1.	21 Mei 07	pedulian. Bab II penulisan gbr	ifc
2.	14 Maret 07	Selesaikan masalah r. Bab 1 penulisan bahasa c++ diikuti dengan	
3.		Bab II. Terapkan kebetulan yg telah selesai dgn gbr nya. Berapa kebetulan	
4.		rumus dan ada sumbernya Bab III. Berikan diikutinya	
5.		Bab IV. Algoritma dan, tetapi ada flowchart. Algoritma dipecahkan	
6.		dan dari itu ada penjelasan. Berikan bahasa dan, tetapi jangan lupa ada	ifc
7.			
8.			
9.			

Malang 15 Maret 2007
Dosen Pembimbing II

Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT
NIP. 032 314 400



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1)
yang diselenggarakan pada :

Hari : Senin
Tanggal : 17 Maret 2008

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Paulus Susanto Luis
2. NIM : 00.12.156
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : **Optimasi Daya Pada Pembangkit dengan Metode Hibrid Dynamic Programming dan Metode Fuzzy Logic Pada PLTA Waduk Selerojo**

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Teori pada Bab IV ditulis pada Bab III	sl
2	Tidak ada kesesuaian antara Outflow pada set poin sub Bab 4.1 dengan batas optimasi pada halaman 56	sl
3	Kesimpulan terlalu banyak	

**Dewan Penguji
Penguji Pertama**

Ir. Imade Wartana.MT
NIP. 131991182

Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Ir. H. Almizan Adulah.MSEE
NIP. P.103 9000 208

Pembimbing II

Irrine Budi Sulistiawati,ST,M
NIP.P.032 314 400



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : PAULUS. S. L
NIM : 00.12.180
Perbaikan meliputi :

1. Teori & prin bab. IV - ditulis pd. Bab III
2. Tabel atau konsistensi antara net flow pd set point sub-bab. 4.1 & batas atfflow optimasi pd. bab. 5.6
3. Kesimpulan terlalu banyak

Malang 21/12/2018

(Signature)



PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1)
yang diselenggarakan pada :

Hari : Senin
Tanggal : 17 Maret 2008

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Paulus Susanto Luis
2. NIM : 00.12.150
3. Jurusan : Teknik Elektro S-1
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : **Optimasi Daya Pada Pembangkit dengan Metode Hibrid Dynamic Programming dan Metode Fuzzy Logic Pada PLTA Waduk Selerojo**

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Kct
1.	Rumusan masalah diganti	1
2	Halaman 2.5-3.2 masukan dalam lampiraaan	1
3	Setiap hasil diberi analisa pembahasan	1
4	Tabel 4.6-1.10 masukan lampiraan	1
5	Kesimpulan diganti	1

Dewan Penguji
Penguji Kedua,

Bambang Prio Hartono ST
NIP.Y 102840082

Dosen Pembimbing

Ir. H. Almizan Adulah MSEE
NIP.P.103 9000 208

Pembimbing II

Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT
NIP.P.032 314 400



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik & T. Elektronika, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : PAULUS S L
NIM :
Perbaikan meliputi :

Penomoran masalah diganti.

hal 25 - 32 masukkan lampiran

hal 39 - 43 masukkan BAB II

Setiap hasil diberi analisa pembahasan.

Tabel 4.6 - 4.10 masukkan lampiran

kesimpulan diganti

Ma'ang, awal 2008.

()

Hasil Optimasi Dynamic Programming Tahun 2000

Bln	Elefasi Aktua (m)	Elefasi Pola (m)	Outflow Aktual (m ³ /dt)	Outflow Pola (m ³ /dt)	Outflow DP (m ³ /dt)
1-Jan	619.02	610.64	14.85	14.8	14.3022
2-Jan	618.35	609.68	14.85	14.8	14.2807
3-Jan	620.71	610.44	14.85	14.8	14.762
Peb-1	620.26	610.52	12.31	14.8	14.8455
Peb-2	620.46	611.82	16.2	12.5	14.7529
Peb-3	621.1	613.26	19.06	12.5	14.7764
1-Mar	620.01	614.74	17.31	12	14.8364
2-Mar	620.06	615.88	15.83	11	14.8382
3-Mar	620.03	617.06	17.03	11	14.8371
1-Apr	620.1	618.03	15.57	10	14.8397
2-Apr	620.17	619	17.38	10	14.8422
3-Apr	620.55	620	14.79	9.72	14.7562
Mei-1	620.8	620.87	13.81	8	14.7654
Mei-2	621.54	621.44	10.84	8	14.7925
Mei-3	621.88	622	11.76	7.9	14.805
1-Jun	621.78	621.74	12.96	10	14.8013
2-Jun	621.67	621.28	10.55	10	14.7973
3-Jun	621.35	620.65	10.55	10	14.7855
1-Jul	620.8	620	10.42	10	14.7654
2-Jul	620.55	619.48	9.25	9	14.7562
3-Jul	620.29	618.97	9.25	8.4	14.8466
Agt-1	619.8	618.39	9.25	8.4	14.8286
Agt-2	619.26	617.62	9.25	8.4	14.8088
Agt-3	618.92	616.81	9.25	8.4	14.299
1-Sep	617.96	616.08	10.25	8.2	14.2681
2-Sep	616.98	616.16	10.03	8.2	14.2367
3-Sep	616.32	615.42	9.55	8.2	14.2328
Okt-1	614.9	613.59	10.4	8	12.8388
Okt-2	614.64	612.86	9.76	8	12.8388
Okt-3	612.68	611.98	11.69	8.6	12.8388
Nop-1	612.56	610.74	8.61	9	12.8388
Nop-2	612.75	608.83	10.89	11	12.8388
Nop-3	610.89	606.01	12.26	12	11.6291
Des-1	610.19	606.62	10.06	9	11.6291
Des-2	609.92	606.93	9.93	9	11.6291
Des-3	608.43	607.57	9.2	9	9.975

Hasil Optimasi Dynamic Programming Tahun 2001

Bin	Elefasi Aktua (mm)	Elefasi Pola (mm)	Outflow Aktual (mm ³ /dt)	Outflow Pola (mm ³ /dt)	Outflow DP (mm ³ /dt)
1-Jan	609.77	608.42	9.04	12	9.4786
2-Jan	609.37	608.72	10.79	12	9.4554
3-Jan	611.73	611.36	10.03	12	10.6742
Peb-1	615.6	612.75	12.33	12	11.5656
Peb-2	617.7	614.22	13.83	12	12.6055
Peb-3	617.9	615.53	12.86	12	12.6106
1-Mar	618.41	616.84	12.37	12	12.6236
2-Mar	618.97	617.53	11.46	12	12.6379
3-Mar	620.4	618.31	13.5	12	13.4876
1-Apr	620.22	618.75	16.15	11.55	13.4823
2-Apr	620.86	619.35	12.99	11.4	13.501
3-Apr	620.82	620	11.79	11	13.4996
Mei-1	620.97	620.88	10.55	8.1	13.5042
Mei-2	621.39	621.47	8.06	8	13.5164
Mei-3	621.87	622	7.67	8	13.5304
1-Jun	621.76	621.45	11.37	10.1	13.5272
2-Jun	621.35	620.78	10.91	9.9	13.5152
3-Jun	620.93	620.2	9.49	9.4	13.503
1-Jul	620.44	619.69	9.25	8.9	13.4887
2-Jul	620.14	619.27	9.25	8.4	13.48
3-Jul	619.81	618.74	9.25	8	13.4704
Agt-1	619.19	618.2	9.25	8	12.6435
Agt-2	618.43	617.47	9.25	8	12.6241
Agt-3	617.57	616.65	9.25	8	12.6022
1-Sep	616.77	615.87	9.25	8	12.5895
2-Sep	615.97	614.87	8.95	8	12.6302
3-Sep	615.12	613.9	9.12	8	11.5656
Okt-1	615.64	613.05	8.89	7.8	12.647
Okt-2	615.57	612.13	9.25	8	11.5656
Okt-3	615.83	611.38	12.12	8	12.6373
Nop-1	615.31	610.57	9.53	8	11.5656
Nop-2	615.28	609.07	10.17	9.7	11.5656
Nop-3	614.14	606.02	12.43	12.1	11.5656
Des-1	614.25	614.79	9.69	9.4	11.5656
Des-2	613.71	604.8	9.41	9.4	11.5656
Des-3	614.03	614.98	9.41	9.4	11.5656

Hasil Optimasi Dynamic Programing Tahun 2002

Bln	Elefasi Aktua (m)	Elefasi Pola (m)	Outflow Aktual (m ³ /dt)	Outflow Pola (m ³ /dt)	Outflow DP (m ³ /dt)
1-Jan	614.73	615.4	9.71	12	14.81
2-Jan	614.99	615.55	6.35	12	14.7819
3-Jan	617.36	616.5	11.9	13.4	14.8498
Peb-1	620.45	617.02	15.2	13.55	14.7551
Peb-2	620.94	617.51	28.4	14	14.7854
Peb-3	620.14	617.95	22.77	14.5	14.8359
1-Mar	620.36	618.46	15.13	14	14.8495
2-Mar	620.76	618.72	14.72	13	14.7742
3-Mar	620.97	619.11	14.08	13	14.7872
1-Apr	620.86	619.41	13.54	12	14.7804
2-Apr	620.69	619.81	13.7	12	14.7699
3-Apr	621.44	619.98	10.38	12	14.8163
Mei-1	620.84	620.89	13.39	8	14.7792
Mei-2	621.43	621.46	9.01	8	14.8157
Mei-3	620.84	621.99	7.37	8	14.7792
1-Jun	621.87	621.89	9.24	9.2	14.8429
2-Jun	621.52	621.69	9.24	9.2	14.8212
3-Jun	621.11	621.31	9.2	9.2	14.7959
1-Jul	620.63	620.91	9.14	9.2	14.7662
2-Jul	620.15	620.37	9.2	9.2	14.8365
3-Jul	619.49	619.64	9.2	9.2	14.7957
Agt-1	618.43	618.85	9.2	9.2	14.8077
Agt-2	617.97	617.84	9.2	9.2	14.7828
Agt-3	616.88	616.71	9.2	9.2	14.8238
1-Sep	615.88	615.68	9.11	9.1	14.7856
2-Sep	614.76	614.45	9.1	9.1	14.8068
3-Sep	613.53	613.32	9.1	9.1	14.825
Okt-1	612.04	611.92	9.19	9.2	14.825
Okt-2	610.37	610.51	9.2	9.2	14.6938
Okt-3	608.44	609.1	9.16	9.2	11.8036
Nop-1	607.63	607.53	8.5	9.2	11.7034
Nop-2	607.14	606.38	8.5	9.2	11.6429
Nop-3	607.69	605.98	8.5	9.2	11.7109
Des-1	608.42	606.45	8.5	8.06	11.8011
Des-2	608.52	606.55	8.5	8.2	11.8135
Des-3	610.99	607.25	9.01	8.03	14.6937

Hasil Optimasi Dynamic Programing Tahun 2003

Bln	Elefasi Aktua (m)	Elefasi Pola (m)	Outflow Aktual (m ³ /dt)	Outflow Pola (m ³ /dt)	Outflow DP (m ³ /dt)
1-Jan	610.29	608.35	12.13	9.87	10.1328
2-Jan	609	609	9.45	9.94	10.1328
3-Jan	609.73	611.25	7.5	9.97	10.1328
Peb-1	613.34	613.2	5.52	9.96	10.8437
Peb-2	616.16	614.7	8.19	10	11.6654
Peb-3	618.24	616.2	11.63	9.91	11.6994
1-Mar	619.45	617.5	14.5	10.06	12.3665
2-Mar	619.88	618.7	14.5	9.73	12.3745
3-Mar	619.62	619.65	11.5	9.89	12.3697
1-Apr	619.96	620.35	8.45	9.8	12.376
2-Apr	620.29	621.15	7.21	9.61	12.3822
3-Apr	621.06	621.75	5.24	9.77	12.3965
Mei-1	621.75	621.9	6.83	9.68	12.4094
Mei-2	621.63	622	8.45	9.26	12.4072
Mei-3	621.82	622	5.57	8.8	12.4107
1-Jun	621.42	621.8	8.55	8	12.4032
2-Jun	620.96	621.61	8.05	8	12.3947
3-Jun	620.69	621.22	7.31	8	12.3896
1-Jul	620.38	620.74	6.83	8	12.3838
2-Jul	620.16	620.21	6.37	8	12.3797
3-Jul	619.7	619.56	7.06	8	12.3712
Agt-1	619.87	618.82	7.48	8	12.3743
Agt-2	618.33	618	7.48	8	11.7008
Agt-3	617.55	616.9	7.97	8	11.6881
1-Sep	616.65	615.93	8.04	8	11.6734
2-Sep	615.72	614.77	8.04	8	11.6582
3-Sep	614.63	613.62	8.09	8	11.6879
Okt-1	613.46	612.45	8.71	8	10.8437
Okt-2	611.43	611.21	9.19	8.1	10.8438
Okt-3	610.01	609.99	8.2	8.2	10.1328
Nop-1	608.48	608.6	8.2	8.5	10.1328
Nop-2	608.81	607.34	8.2	8.5	10.1328
Nop-3	608.78	606.31	10.27	8.5	10.1328
Des-1	608.63	606.4	9.61	8.21	10.1328
Des-2	606.27	606.5	10.25	8.25	9.1607
Des-3	606.66	607.2	7.43	8.26	9.1753

Hasil Optimasi Dynamic Programing Tahun 2004

Bln	Elefasi Aktua (m)	Elefasi Pola (m)	Outflow Aktual (m ³ /dt)	Outflow Pola (m ³ /dt)	Outflow DP (m ³ /dt)
1-Jan	607.51	608.35	8.22	9.72	9.1372
2-Jan	609.2	609	6.36	9.58	10.0475
3-Jan	610.93	611.7	9.04	9.34	10.0475
Peb-1	614.18	613.3	9.73	10.61	10.73
Peb-2	616.14	614.8	8.9	10.5	11.5135
Peb-3	617.39	616.2	12.4	10.13	11.5337
1-Mar	618.68	617.4	12.51	10.24	11.5546
2-Mar	620.89	618.3	13.8	10.51	12.2147
3-Mar	621	619.05	14.1	10.52	12.2167
1-Apr	620.76	619.55	13.68	10.43	12.2123
2-Apr	620.09	620.25	12.85	9.85	12.1999
3-Apr	620.66	621	8.67	8.78	12.2104
Mei-1	621.09	621.5	8.5	8.42	12.2184
Mei-2	621.56	621.8	6.73	8.47	12.2271
Mei-3	621.95	622	7.95	8.22	12.2343
1-Jun	621.27	621.97	9.61	8.5	12.2217
2-Jun	612.04	621.76	8.58	8.5	10.73
3-Jun	620.63	621.5	8.58	8.5	12.2099
1-Jul	620.24	621.23	8.35	8.5	12.2027
2-Jul	619.99	620.86	8.02	8.5	12.198
3-Jul	619.48	620.3	7.5	8.5	12.1886
Agt-1	618.93	619.56	7.5	9	11.5586
Agt-2	618.34	618.67	7.5	9	11.5491
Agt-3	617.58	617.64	7.5	9	11.5368
1-Sep	616.76	616.6	7.96	9	11.5235
2-Sep	616.18	615.34	9.22	9	11.5141
3-Sep	614.98	614.09	10.16	9	11.5406
Okt-1	613.36	612.75	10.04	9	10.73
Okt-2	611.25	611.31	10.16	9	10.0475
Okt-3	609.66	609.99	9.03	9	10.0475
Nop-1	608.38	608.39	9.01	9.25	9.1694
Nop-2	606.89	607	9.25	9.25	9.1143
Nop-3	608.09	606.08	10.03	9.25	9.1587
Des-1	609.82	607.4	14.24	8.21	10.0475
Des-2	608.37	607.5	12.39	8.25	9.169
Des-3	609.2	608.2	12.63	8.22	10.0475

Hasil Optimasi Fuzzy Final Tahun 2000

Bln	Inflow (m3)	Outflow (m3)	Volume (m3)	Elevasi DP (m)	Energi Fuzzy (kWH)	Energi Sebelum (kWH)	Spillway Sebelum (m3/th))	Spillway Sesudah (m3/th)	Tailrace Sebelum (m3/th)	Tailrace Sesudah (m3/th)
1-Jan	14	14.3	19,146,195.57	611.5	756,926.82	785,823.38	0	0	5.6	5.05
2-Jan	13	14.3	17,014,828.70	610.4	752,532.64	783,216.27	0	0	5.6	5.03
3-Jan	22	14.8	18,860,782.60	611.4	756,357.34	792,425.31	0	0	5.6	5.51
Peb-1	20	14.9	20,124,530.65	612	758,837.05	790,663.79	0	0	3.06	5.6
Peb-2	17	14.8	20,649,940.13	612.3	759,824.49	791,446.37	1.35	0	5.6	5.5
Peb-3	18	14.8	23,943,913.64	613.8	765,760.58	793,954.09	4.21	0	5.6	5.53
1-Mar	17	14.8	27,780,779.92	615.5	772,017.17	789,686.30	2.46	0	5.6	5.59
2-Mar	16	14.8	29,804,027.19	616.3	775,087.84	789,881.73	0.98	0	5.6	5.59
3-Mar	17	14.8	31,941,582.84	617.1	778,185.17	789,764.47	2.18	0	5.6	5.59
1-Apr	16	14.8	34,555,957.98	618	781,791.45	790,038.10	0.72	0	5.6	5.59
2-Apr	18	14.8	42,945,302.56	620.7	792,258.57	790,311.80	2.53	0	5.6	5.59
3-Apr	16	14.8	41,432,861.81	620.2	790,479.79	791,798.69	0	0	5.54	5.51
Mei-1	15	14.8	44,494,249.26	621.1	794,008.13	792,777.93	0	0	4.56	5.52
Mei-2	13	14.8	45,906,548.36	621.5	795,623.43	795,681.23	0	0	1.59	5.54
Mei-3	13	14.9	47,172,550.71	622	797,582.61	797,017.57	0	0.06	2.51	5.6
1-Jun	13	14.8	47,324,606.38	621.9	797,183.30	796,624.37	0	0	3.71	5.55
2-Jun	10	14.8	47,110,561.31	621.9	796,949.81	796,192.01	0	0	1.3	5.55
3-Jun	9.4	14.8	45,049,568.22	621.3	794,665.05	794,935.11	0	0	1.3	5.54
1-Jul	8.5	14.8	43,995,141.46	621	793,468.85	792,777.93	0	0	1.17	5.52

2-Jul	8.2	14.8	42,100,354.85	620.4	791,270.14	791,798.69	0	0			5.51
3-Jul	8.4	14.9	39,625,499.62	619.7	788,295.86	790,781.14	0	0	0		5.6
Agt-1	7.6	14.8	38,409,505.13	619.3	786,788.86	788,865.83	0	0	0		5.58
Agt-2	7.5	14.8	35,595,347.51	618.3	783,174.48	786,758.68	0	0	0		5.56
Agt-3	8.4	14.3	32,367,067.34	617.2	778,785.33	785,433.89	0	0	0		5.05
1-Sep	7.4	14.3	31,384,434.26	616.9	777,391.47	781,701.36	0	0	1		5.02
2-Sep	7.3	14.2	31,291,397.97	616.8	777,258.18	777,903.34	0	0	0.78		4.99
3-Sep	7.7	14.2	29,376,561.50	616.1	774,451.03	775,352.46	0	0	0.3		4.98
Okt-1	6.7	12.8	25,633,123.03	614.6	768,591.06	769,883.21	0	0	1.15		3.59
Okt-2	9.2	12.8	21,968,909.38	612.9	762,279.13	768,884.60	0	0	0.51		3.59
Okt-3	7.5	12.8	22,044,272.08	613	762,415.51	761,384.52	0	0	2.44		3.59
Nop-1	9.3	12.8	17,843,942.03	610.8	754,282.50	610,555.01	0	0	0		3.59
Nop-2	11	12.8	14,384,414.28	608.8	746,585.80	761,651.53	0	0	0		3.59
Nop-3	9.2	11.6	11,722,263.95	607	739,803.51	754,577.88	0	0	1.64		3.59
Des-1	8.7	11.6	11,850,788.72	607.1	740,152.38	751,927.19	0	0	3.01		2.38
Des-2	9.4	11.6	12,767,517.57	607.7	742,573.83	750,906.45	0	0	0.81		2.38
Des-3	6.8	9.97	12,483,705.91	607.5	741,836.44	732,993.20	0	0	0.68		2.38
Total	424	506	1,080,103,034.42	22164	27,825,475.60	27,986,375.43	1.38.00	51.40	33.747.40	14,912.640	0.72

Hasil Optimasi Fuzzy Final Tahun 2001

Bln	Inflow (m3)	Outflow (m3)	Volume (m3)	Elevasi DP (m)	Energi Fuzzy (kWH)	Energi Sebelum (kWH)	Spillway Sebelum (m3/th))	Spillway Sesudah (m3/th))	Tailrace Sebelum (m3/th)	Tailrace Sesudah (m3/th))
1-Jan	11	9.48	14,470,410.45	608.8	746,790.86	699,264.49	0	0	0	0.23
2-Jan	10	9.46	14,944,394.39	609.1	747,907.33	748,830.03	0	0	1.54	0.21
3-Jan	14	10.7	19,645,551.14	611.8	757,909.43	757,766.96	0	0	0.78	1.42
Peb-1	21	11.6	22,671,638.74	613.2	763,540.48	772,576.08	0	0	3.08	2.32
Peb-2	20	12.6	25,934,010.64	614.7	769,082.41	780,692.52	0	0	4.58	3.36
Peb-3	14	12.6	28,988,253.52	615.9	773,866.92	781,468.47	0	0	3.61	3.36
1-Mar	14	12.6	32,495,128.83	617.3	778,964.67	783,449.50	0	0	3.12	3.37
2-Mar	13	12.6	34,465,939.20	618	781,670.24	785,628.62	0	0	2.21	3.39
3-Mar	18	13.5	36,905,347.01	618.8	784,879.93	791,211.54	0	0	4.25	4.24
1-Apr	15	13.5	38,210,051.29	619.2	786,538.84	790,507.34	1.3	0	5.6	4.23
2-Apr	15	13.5	40,086,363.80	619.8	788,859.20	793,013.07	0	0	3.74	4.25
3-Apr	12	13.5	42,106,027.15	620.4	791,276.81	792,856.31	0	0	2.54	4.25
Mei-1	11	13.5	45,152,785.81	621.3	794,781.19	793,444.28	0	0	1.3	4.25
Mei-2	9.5	13.5	44,059,283.72	621	793,542.30	520,856.62	0	0	0	4.27
Mei-3	9.6	13.6	47,136,570.63	622.4	799,184.38	448,231.29	0	0	0	4.38
1-Jun	11	13.5	47,270,229.19	621.9	797,124.18	796,545.75	0	0	2.12	4.28
2-Jun	9.6	13.5	44,868,556.77	621.2	794,460.99	794,935.11	0	0	1.66	4.27
3-Jun	8.3	13.5	42,848,544.96	620.6	792,146.02	793,287.46	0	0	0.24	4.25
1-Jul	7.6	13.5	41,138,101.94	620.1	790,127.99	791,368.08	0	0	0	4.24
2-Jul	8.3	13.5	39,809,851.36	619.7	788,521.79	790,194.49	0	0	0	4.23

3-Jul	8.3	13.5	38,160,809.59	619.2	786,476.85	788,904.89	0	0	0	4.22
Agt-1	7.3	12.6	36,488,803.81	618.6	784,342.04	786,485.81	0	0	0	3.39
Agt-2	7	12.6	34,346,340.45	617.9	781,509.21	783,527.26	0	0	0	3.37
Agt-3	7	12.6	32,045,038.38	617.1	778,331.73	780,188.42	0	0	0	3.35
1-Sep	7	12.6	29,961,534.01	616.3	775,321.18	777,091.09	0	0	0	3.34
2-Sep	6.9	12.6	27,432,998.79	615.3	771,474.70	699,502.38	0	0	0	3.38
3-Sep	7	11.6	25,122,520.72	614.3	767,748.77	737,964.11	0	0	0	2.32
Okt-1	11	12.7	23,284,810.15	613.5	764,620.44	684,076.64	0	0	0	3.4
Okt-2	9	11.6	21,295,893.20	612.6	761,045.93	772,460.54	0	0	0	2.32
Okt-3	13	12.6	19,848,610.13	611.9	758,304.43	773,462.26	0	0	2.87	3.39
Nop-1	8.2	11.6	18,222,824.76	611	755,064.40	771,459.70	0	0	0.28	2.32
Nop-2	11	11.6	15,633,343.66	609.5	749,490.00	771,344.27	0	0	0.92	2.32
Nop-3	8.3	11.6	11,040,641.78	606.5	737,911.17	766,966.63	0	0	3.18	2.32
Des-1	10	11.6	27,211,396.75	615.2	771,126.50	767,388.31	0	0	0.44	2.32
Des-2	8.1	11.5	23,687,859.98	605.2	733,275.78	765,319.75	0	0	0.16	2.22
Des-3	10	11.6	27,679,089.58	615.4	771,859.13	766,545.11	0	0	0.16	2.32
Total	391	448	1,114,669,556.28	22175	27,869,078.22	27,198,815.18	1,123.20	0	41,800.320	9,944.640

Hasil Optimasi Fuzzy Final Tahun 2002

Bln	Inflow (m3)	Outflow (m3)	Volume (m3)	Elevasi DP (m)	Energi Fuzzy (kWH)	Energi Sebelum (kWH)	Spillway Sebelum (m3/th))	Spillway Sesudah (m3/th)	Tailrace Sebelum (m3/th))	Tailrace Sesudah (m3/th)
1-Jan	11	14.8	26,250,628.23	614.8	769,595.06	769,230.17	0	0	0.46	5.56
2-Jan	11	14.8	26,804,843.80	615.1	770,482.82	242,082.19	0	0	0	5.53
3-Jan	18	14.9	30,132,000.21	616.4	775,572.54	779,374.57	0	0	2.65	5.6
Peb-1	30	14.8	30,183,658.96	616.4	775,648.72	791,407.22	0.35	0	5.6	5.51
Peb-2	30	14.8	31,388,002.90	616.9	777,396.58	793,326.66	13.6	0	5.6	5.54
Peb-3	20	14.8	33,769,497.05	617.7	780,726.41	790,194.49	7.92	0	5.6	5.59
1-Mar	16	14.9	35,182,354.45	618.2	782,628.43	791,055.01	0.28	0	5.6	5.6
2-Mar	16	14.8	36,278,875.31	618.6	784,069.47	792,621.20	0	0	5.47	5.52
3-Mar	15	14.8	37,255,018.11	618.9	785,328.41	793,444.28	0	0	4.83	5.54
1-Apr	13	14.8	38,145,041.91	619.2	786,456.97	793,013.07	0	0	4.29	5.53
2-Apr	14	14.8	39,571,627.52	619.6	788,229.77	792,346.97	0	0	4.45	5.52
3-Apr	12	14.8	39,256,025.55	619.5	787,841.28	795,288.48	0	0	1.13	5.57
Mei-1	11	14.8	42,849,693.59	620.6	792,147.35	792,934.69	0	0	4.14	5.53
Mei-2	11	14.8	45,214,224.97	621.3	794,850.09	733,607.71	0	0	0	5.57
Mei-3	9.2	14.8	46,283,148.10	621.6	796,040.78	394,421.77	0	0	0	5.53
1-Jun	8.9	14.8	46,006,797.76	621.6	795,734.69	794,337.41	0	0	0	5.59
2-Jun	8.1	14.8	45,204,714.49	621.3	794,839.42	792,966.38	0	0	0	5.57
3-Jun	7.8	14.8	44,071,772.36	621	793,556.61	780,896.73	0	0	0	5.55
1-Jul	7.6	14.8	42,634,827.53	620.6	791,896.90	763,558.81	0	0	0	5.52
2-Jul	7.6	14.8	41,086,582.48	620.1	790,066.46	777,198.73	0	0	0	5.59

3-Jul	7.3	14.8	38,765,280.28	619.4	787,233.13	774,663.17	0	0	0	5.55
Agt-1	7.2	14.8	36,411,515.99	618.6	784,241.94	770,602.49	0	0	0	5.56
Agt-2	6.7	14.8	33,555,484.22	617.6	780,433.55	768,844.75	0	0	0	5.53
Agt-3	6.4	14.8	30,250,752.39	616.4	775,747.15	764,690.40	0	0	0	5.57
1-Sep	6.5	14.8	27,676,719.39	615.4	771,855.44	738,276.04	0	0	0	5.54
2-Sep	6.3	14.8	24,785,726.04	614.2	767,187.28	731,691.59	0	0	0	5.56
3-Sep	6.2	14.8	22,139,605.27	613	762,588.07	727,206.93	0	0	0	5.57
Okt-1	5.9	14.8	19,329,163.72	611.6	757,288.90	743,937.45	0	0	0	5.57
Okt-2	5.9	14.7	16,659,087.18	610.2	751,764.93	740,191.09	0	0	0	5.44
Okt-3	6.1	11.8	14,254,041.20	608.7	746,273.54	723,290.51	0	0	0	2.55
Nop-1	7.3	11.7	12,245,229.27	607.3	741,208.31	572,508.56	0	0	0	2.45
Nop-2	7.9	11.6	10,642,508.53	606.2	736,771.31	571,090.89	0	0	0	2.39
Nop-3	9.1	11.6	12,743,311.53	605.8	735,312.84	572,682.32	0	0	0	2.36
Des-1	9.7	11.8	10,824,650.10	606.3	737,296.39	574,799.15	0	0	0	2.55
Des-2	8.6	11.8	10,824,446.83	606.3	737,295.81	575,089.54	0	0	0	2.56
Des-3	13	14.7	11,741,524.60	607	739,856.05	696,424.73	0	0	0	5.44
Total	396	514	1,090,418,381.82	22163	27,825,463.40	25,799,296.15	19,094.40	0	43,044,480	156,597,762

Hasil Optimasi Fuzzy Final Tahun 2003

Bln	Inflow (m3)	Outflow (m3)	Volume (m3)	Elevasi DP (m)	Energi Fuzzy (kWH)	Energi Sebelum (kWH)	Spillway Sebelum (m3/th))	Spillway Sesudah (m3/th))	Tailrace Sebelum (m3/th)	Tailrace Sesudah (m3/th)
1-Jan	11	10.1	13,022,664.79	607.9	743,227.68	752,305.48	0	0	2.88	0.88
2-Jan	7	10.1	13,646,927.52	608.3	744,794.14	747,435.33	0	0	0.2	0.88
3-Jan	8.9	10.1	17,263,977.23	610.5	753,062.44	393,728.07	0	0	0	0.88
Peb-1	12	10.8	21,274,040.38	612.7	761,320.08	155,839.09	0	0	0	1.59
Peb-2	15	11.7	24,845,266.14	614.2	767,286.76	533,084.93	0	0	0	2.42
Peb-3	19	11.7	26,961,219.02	615.1	770,731.23	782,788.79	0	0	2.38	2.45
1-Mar	18	12.4	30,137,241.07	616.4	775,580.27	787,499.65	0	0	5.25	3.12
2-Mar	16	12.4	34,546,872.41	618	781,779.22	789,178.32	0	0	5.25	3.12
3-Mar	11	12.4	37,923,663.48	619.1	786,177.95	788,163.03	0	0	2.25	3.12
1-Apr	9.8	12.4	40,024,062.55	619.8	788,783.17	598,023.34	0	0	0	3.13
2-Apr	8.1	12.4	42,182,531.67	620.4	791,366.74	367,645.07	0	0	0	3.13
3-Apr	7.7	12.4	44,251,009.34	621.1	793,744.85	137,932.39	0	0	0	3.15
Mei-1	9.1	12.4	45,497,679.44	621.4	795,167.79	313,433.88	0	0	0	3.16
Mei-2	8.1	12.4	45,729,041.92	621.5	795,425.91	602,986.79	0	0	0	3.16
Mei-3	7.2	12.4	45,724,118.39	621.5	795,420.41	167,173.05	0	0	0	3.16
1-Jun	6.8	12.4	45,279,651.03	621.4	794,923.46	624,531.50	0	0	0	3.15
2-Jun	6.5	12.4	44,555,833.30	621.1	794,084.53	517,769.12	0	0	0	3.14
3-Jun	6.8	12.4	43,417,021.45	620.8	792,804.96	384,334.16	0	0	0	3.14
1-Jul	6	12.4	41,699,748.24	620.3	790,796.89	311,310.85	0	0	0	3.13
2-Jul	5.9	12.4	39,987,859.12	619.8	788,738.99	250,832.99	0	0	0	3.13

3-Jul	5.8	12.4	37,952,459.28	619.1	786,214.24	343,587.80	0	0	0	3.12
Agt-1	5.6	12.4	35,745,464.48	618.4	783,372.18	410,842.17	0	0	0	3.12
Agt-2	5.2	11.7	33,363,466.20	617.6	780,169.87	407,708.77	0	0	0	2.45
Agt-3	5.7	11.7	30,508,077.53	616.5	776,123.96	493,678.74	0	0	0	2.44
1-Sep	5.8	11.7	27,999,221.51	615.5	772,355.69	504,864.98	0	0	0	2.42
2-Sep	5.6	11.7	25,229,884.03	614.4	767,927.00	502,527.28	0	0	0	2.41
3-Sep	5.3	11.7	22,594,738.05	613.2	763,403.90	509,416.15	0	0	0	2.44
Okt-1	5.8	10.8	20,235,028.68	612.1	759,048.81	635,462.39	0	0	0	1.59
Okt-2	4.7	10.8	17,701,912.64	610.7	753,986.43	741,663.91	0	0	0	1.59
Okt-3	5.7	10.1	15,645,840.04	609.6	749,518.28	518,838.02	0	0	0	0.88
Nop-1	5.5	10.1	13,417,821.19	608.2	744,226.72	514,847.26	0	0	0	0.88
Nop-2	8.9	10.1	11,268,711.34	606.6	738,552.43	515,706.26	0	0	0	0.88
Nop-3	10	10	14,393,216.87	605.8	735,256.40	746,606.87	0	0	1.02	0.78
Des-1	9.4	10.1	10,465,311.16	606	736,277.87	746,042.37	0	0	0.36	0.88
Des-2	6.8	9.06	10,396,746.24	606	690,803.61	737,198.42	0	0	1	0
Des-3	8	9.18	11,354,628.79	606.7	720,622.67	376,625.83	0	0	0	0
Total	304	412	1,036,242,956.52	22137	27,663,077.53	18,711,613.05	0.00	0.00	17,789,760	68,186.880

Hasil Optimasi Fuzzy Final Tahun 2004

Bln	Inflow (m3)	Outflow (m3)	Volume (m3)	Elevasi DP (m)	Energi Fuzzy (kWH)	Energi Sebelum (kWH)	Spillway Sebelum (m3/th)	Spillway Sesudah (m3/th)	Tailrace Sebelum (m3/th)	Tailrace Sesudah (m3/th)
1-Jan	7.49	8.94	12,483,705.91	603.49	654,011.87	218,709.04	0	0	0	0
2-Jan	9.23	9.95	15,065,425.37	604.75	731,541.10	236,266.24	0	0	0	0.7
3-Jan	12	10.05	12,224,663.02	607.33	741,153.86	703,356.83	0	0	0	0.8
Peb-1	17	10.73	15,024,950.94	609.18	748,094.80	767,119.95	0	0	0.48	1.48
Peb-2	14.1	11.51	17,958,674.88	610.87	754,520.32	688,155.55	0	0	0	2.26
Peb-3	16.5	11.53	20,906,939.05	612.4	760,321.59	779,490.80	0	0	3.15	2.28
1-Mar	16.8	11.55	22,588,692.43	613.21	763,393.17	784,499.64	0	0	3.26	2.3
2-Mar	22.6	12.21	16,081,027.70	609.81	750,494.63	793,130.66	0	0	4.55	2.96
3-Mar	14.6	12.22	27,176,898.62	615.21	771,072.25	793,561.91	0	0	4.85	2.97
1-Apr	12.9	12.21	28,743,240.11	615.84	773,495.76	792,621.20	0	0	4.43	2.96
2-Apr	10.5	12.2	28,928,234.52	615.91	773,776.35	789,999.01	0	0	3.6	2.95
3-Apr	10.7	12.21	31,504,554.75	616.89	777,563.59	649,403.87	0	0	0	2.96
Mei-1	10.1	12.22	33,302,543.51	617.54	780,085.98	612,379.04	0	0	0	2.97
Mei-2	9.84	12.23	34,492,880.22	617.96	781,706.52	299,225.94	0	0	0	2.98
Mei-3	9.93	12.23	35,630,542.44	618.35	783,220.83	500,692.07	0	0	0	2.98
1-Jun	7.22	12.22	34,001,243.48	617.79	781,041.96	794,621.10	0	0	0.36	2.97
2-Jun	7.58	10.73	34,129,269.01	617.83	781,215.51	602,468.36	0	0	0	1.48
3-Jun	7.01	12.21	33,140,410.63	617.49	779,862.42	628,825.55	0	0	0	2.96
1-Jul	6.84	12.2	32,276,732.20	617.18	778,658.26	577,342.16	0	0	0	2.95
2-Jul	7.1	12.2	31,698,532.49	616.96	777,840.09	509,404.52	0	0	0	2.95

3-Jul	5.98	12.19	29,812,380.45	616.25	775,100.23	413,430.88	0	0	0	2.94
Agt-1	5.64	11.56	27,845,593.53	615.48	772,117.91	412,302.22	0	0	0	2.31
Agt-2	5.62	11.55	25,912,375.84	614.68	769,047.13	411,093.77	0	0	0	2.3
Agt-3	5.37	11.54	23,427,496.68	613.59	764,869.21	409,540.64	0	0	0	2.29
1-Sep	5.59	11.52	21,295,506.91	612.63	761,190.61	489,844.12	0	0	0	2.27
2-Sep	7.54	11.51	19,002,183.18	611.43	756,640.09	767,126.00	0	0	0	2.26
3-Sep	7.24	11.54	16,984,885.31	610.33	752,468.46	770,190.64	0	0	0.91	2.29
Okt-1	6.68	10.73	14,808,766.05	609.04	747,590.15	763,981.01	0	0	0.79	1.48
Okt-2	5.95	10.05	12,363,360.23	607.43	741,520.39	755,943.53	0	0	0.91	0.8
Okt-3	5.88	9.95	10,340,648.89	605.92	735,895.16	696,506.26	0	0	0	0.7
Nop-1	6.76	9.07	13,772,041.17	604.56	687,893.66	687,330.41	0	0	0	0
Nop-2	6.52	9.01	11,616,587.04	602.96	669,691.49	739,514.99	0	0	0	0
Nop-3	13.3	8.96	13,333,115.57	601.26	651,407.72	744,012.52	0	0	0.78	0
Des-1	17.2	9.95	16,096,361.91	599.49	712,187.38	750,528.63	0	0	4.99	0.7
Des-2	10.2	8.97	13,756,776.32	603.68	661,819.03	745,064.57	0	0	3.14	0
Des-3	14	9.95	15,065,425.37	603.47	726,798.98	748,189.00	0	0	3.38	0.7
Total	359	399.6	802,792,665.73	22008.19	26,929,308.46	22,825,872.63	0	0	34,214.400	58.060.800