

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



**KOMITMEN UNIT PEMBANGKIT TERMAL MENGGUNAKAN
METODE *HYBRID WARKSHALL GENETIC ALGORITHM*
DI PT. PJB**

SKRIPSI

Diusun Oleh :
M. SIDIK MAHANDA
02.12.086



MARET 2007

LEMBAR PERSETUJUAN

**KOMITMEN UNIT PEMBANGKIT TERMAL
MENGUNAKAN METODE HYBRID WARKSHALL
GENETIC ALGORITHM DI PT. PJB**

SKRIPSI

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

**Disusun Oleh :
M. SIDIK MAHANDA
02.12.086**

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. H. CHOIRUL SALEH, MT
NIP.P. 101.886.0190

Ir. DJOJO PRIATMONO, MT
NIP.P. 101.850.0107



**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro**

Ir. F. YUDI LIMPRAPTONO, MT
NIP.Y. 103.950.0274

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

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul, **“KOMITMEN UNIT PEMBANGKIT MENGGUNAKAN METODE *HYBRID WARKSHALL GENETIC ALGORITHM* DI PT. PJB”**.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi Program strata satu (S-1) jurusan Teknik Elektro/ Program Studi Teknik Energi Listrik, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Sebelum dan selama penyusunan skripsi ini, penyusun telah banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor ITN Malang.
2. Ir. Mochtar Asroni, MSME, selaku Dekan FTI ITN Malang.
3. Ir. I Made Wartana, MT, selaku Wakil Dekan I FTI ITN Malang.
4. Ir. F Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro (SI) ITN Malang.
5. Ir. H. Choirul Saleh, MT, selaku bapak dan dosen pembimbing pertama.
6. Ir. Djojo Priatmono, MT, selaku bapak dan dosen pembimbing kedua
7. Ayah Bundaku yang telah membesarkan, mendidik dan selalu mendo'akanku sampai terwujud cita-citaku serta kakak-kakakku dan adeku *thank's* ya atas doa dan bantuannya.

8. Rekan-rekan elektro energi listrik, terima kasih atas bantuan kalian semua. Serta semua pihak yang turut membantu penyusunan menyelesaikan skripsi ini

Akhirnya penulis mengharapkan skripsi dapat berguna dan bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa khususnya pada jurusan Teknik Elektro S-1 konsentrasi Teknik Energi Listrik.

Malang, Maret 2007

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAKSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GRAFIK	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Metodologi Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
1.7. Kontribusi	5
BAB II DASAR TEORI	
2.1. Sistem Tenaga Listrik	6
2.2. Sistem Operasi Pada Tenaga Listrik	8

2.3.	Karakteristik Pembangkit Termal	11
2.3.1.	Karakteristik <i>Input-Output</i>	12
2.3.2.	Karakteristik <i>Heat Rate</i>	13
2.3.3	Karakteristik <i>incremental Heat Rate Dan Fuel Cost</i>	14
2.4.	Pembebanan Ekonomis	16
2.5.	Penjadwalan Pembangkit (<i>Unit Comitment</i>).....	16
2.5.1.	Kendala-kendala Unit Termal	18
2.5.1.1.	Cadangan Berputar (<i>spinning reserve</i>).....	18
2.5.1.2.	Batasan Unit <i>Thermal</i>	19
2.5.2	Biaya <i>Start-Up</i>	20
2.5.3.	Fungsi Obyektif dan <i>Constraint</i> Pembangkit Listrik.....	22
2.6.	Algoritma Genetika.....	24
2.6.1.	Konsep dasar	24
2.6.2.	Istilah-istilah Algoritma Genetika.....	25
2.6.2.	Komponen-komponen utama algoritma genetika	28

BAB III KOMITMEN UNIT MENGGUNAKAN METODE *HYIBRID WARKSHALL GENETIC ALGORITHM*

3.1.	Pendahuluan	36
3.2.	Model karakteristik pembangkit termal	36
3.3	Data pembangkitan termal	37
3.4.	Aplikasi metode WGA pada PT. PJB	40
3.5.	Beban Sistem.....	41
3.6.	Algoritma Warkshall.....	43

3.7.	Metode Hybrid Warkshall Genetic Algorithm	47
4.2.	Validasi Program.....	52

**BAB IV SIMULASI DAN ANALISA HASIL PENJADWALAN
PEMBANGKIT MENGGUNAKAN METODE HYIBRID
WARKSHALL GENETIC ALGORITHM DI PT. PJB**

4.1.	Pendahuluan	57
4.2.	Aplikasi Metode WGA Pada PT. PJB.....	57
4.3.	Analisa Data Dan Hasil Perhitungan.....	64
4.3.1	Untuk Beban Hari Rabu, 27 Juli 2005	64
4.3.1.1.	Tampilan Program	64
4.3.1.2.	Analisa Hasil Perhitungan Biaya	67
4.3.2	Untuk Beban Hari Sabtu, 30 Juli 2005	68
4.3.2.1.	Tampilan Program	68
4.3.2.2.	Analisa Hasil Perhitungan Biaya	71
4.3.3.	Untuk Beban Hari Minggu, 31 Juli 2005	72
4.3.3.1.	Tampilan Program	72
4.3.3.2.	Analisa Hasil Perhitungan Biaya	75

BAB V KESIMPULAN

5.1.	Kesimpulan	77
5.2.	Saran.....	77

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

2.1	Unit Boiler-Turbin-Generator	11
2.2.	Karakteristik <i>Input output</i> dari Pembangkit <i>Thermal</i>	13
2.3.	Karakteristik <i>Heat Rate</i> Unit Pembangkit	14
2.4.	Karakteristik <i>Incremental Heat Rate/Fuel Cost</i>	15
2.5.	Biaya <i>Start-Up</i> sebagai Fungsi waktu.....	22
2.6.	Representasi String Bit.....	29
2.7.	Ilustrasi Operator Dengan <i>One Point Crossover</i>	33
2.8.	Ilustrasi Operator Dengan <i>Two Point Crossover</i>	33
2.9.	Ilustrasi Operator Dengan <i>Uniform Crossover</i>	34
3.1.	Flow Chart Warkshall Route.....	46
3.2.	Flow Chart WGA	51
3.3.	Inputan Data Parameter Di Jurnal Untuk Uji Validasi.....	54
3.4.	Inputan Data Pembebanan Di Jurnal Untuk Uji Validasi	54
3.5.	Inputan Data Panjadwalan Di Jurnal Untuk Uji Validasi	55
4.1.	Tampilan Form Utama	59
4.2.	Tampilan Form data <i>Input Tab Sheet Variable Control</i>	60
4.3.	Tampilan Form data <i>Input Tab Sheet Spesifikasi Pembangkit</i>	60
4.4.	Tampilan Form data <i>Input Tab Sheet Data Aktual Penjadwalan</i>	61
4.5.	Tampilan Form Evaluasi Awal <i>Tab Sheet Warkshall Result</i>	62

4.6.	Tampilan Form Evaluasi Awal <i>Tab Sheet</i> Parameter GA.....	62
4.7.	Tampilan Form Hasil Perhitungant <i>Tab Sheet</i> Final Result.....	63
4.8.	Beban Penjadwalan PT. PJB 27 Juli 2005	64
4.9.	Kombinasi Penjadwalan WGA 27 Juli 2005	65
4.10.	Beban Penjadwalan WGA1 27 Juli 2005.....	65
4.11.	Perbandingan Biaya 27 Juli 2005	66
4.12.	Beban Penjadwalan PT. PJB 30 Juli 2005	68
4.13.	Kombinasi Penjadwalan WGA 30 Juli 2005	69
4.14.	Beban Penjadwalan WGA 30 Juli 2005.....	69
4.15	Perbandingan Biaya 30 Juli 2005.....	70
4.16.	Beban Penjadwalan PT. PJB 31 Juli 2005	72
4.17.	Kombinasi Penjadwalan WGA 31 Juli 2005	73
4.18.	Beban Penjadwalan WGA 31 Juli 2005.....	73
4.19.	Perbandingan Biaya 30 Juli 2005.....	74

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam mengoperasikan sistem tenaga listrik ditemui berbagai persoalan yang dapat menimbulkan penurunan kualitas serta kelangsungan supply daya listrik ke beban.

Hal ini muncul sebagai akibat dari pemakaian tenaga listrik ke konsumen yang selalu berubah sepanjang waktu, biaya bahan bakar untuk memproduksi listrik (khususnya untuk pembangkit thermal) dan kondisi alam dan lingkungan yang selalu mengganggu kelancaran operasi sistem.

Untuk meningkatkan supply daya listrik dari mulai pembangkitan hingga bisa memenuhi beban yang dibutuhkan maka dibutuhkan suatu usaha untuk memaksimalkan pembangkitan listrik yang handal dan efisien tanpa melupakan faktor ekonomis sehingga dapat memberikan keuntungan-keuntungan, misalnya penambahan kapasitas daya listrik akibat berkurangnya rugi-rugi, meningkatnya masa pakai peralatan listrik dan sebagainya. Salah satu cara untuk meningkatkan supply daya listrik adalah dengan penjadwalan pembangkit yang nantinya akan menentukan pembangkit-pembangkit mana saja yang akan beroperasi untuk menyuplai daya listrik ke konsumen.

Pada skripsi ini penulis mencoba memeberikan salah satu alternative solusi dari permasalahan diatas yaitu penjadwalan unit pembangkit thermal dengan menggunakan metode *Hyibrid Warkshall Genetic Algorithm*.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan penjadwalan unit pembangkit untuk menyuplai daya listrik kekonsumen sesuai dengan kebutuhan.
2. Dan bagaimana mengoptimalkan biaya operasi system tenaga listrik tersebut.

1.3 Tujuan

Menerapkan program Delphi 7.0 dengan metode *Hyibrid Warkshall Genetic Algorithm* dalam memecahkan masalah penjadwalan unit pembangkit di PT. PJB dan mengoptimalkan biaya operasinya.

1.4 Batasan Masalah

Permasalahan dalam sistem tenaga listrik sangat luas sekali. Khususnya pada komitmen unit, sehingga dalam menganalisa permasalahan perlu diadakan pembatasan-pembatasan. Dalam penulisan skripsi ini pembatasan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Penjadwalan dilakukan dalam satu hari (24 jam dengan range tiap jam)
2. Tidak membahas rugi-rugi saluran transmisi
3. Tidak membahas *combined cycle* pada PLTGU.
4. Tidak membahas masalah biaya cadangan berputar (*spinning reserve*)

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam pembahasan dilaksanakan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Yaitu kajian pustaka yang mempelajari teori-teori yang terkait melalui literature, yang berhubungan dengan permasalahan.

2. Pengumpulan Data

Bentuk data yang digunakan :

- a. Data Kuantitatif, yaitu data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka-angka, meliputi data harga penawaran, data pembebanan harian PT Pembangkitan Jawa-Bali.
 - b. Data Kualitatif, yaitu data yang berbentuk uraian, keterangan dan sebagainya, yang bisa juga diambil dari penelitian terdahulu.
3. Menentukan optimasi penjadwalan pembebanan pada komitmen unit dengan metode *Hybrid Wkrshal Genetic Algorithm*
 4. Membuat evaluasi, sehingga dapat disimpulkan apakah metode yang digunakan dalam skripsi ini lebih ekonomis.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini terdiri atas beberapa bab dan sub bab yang tersusun dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

BAB II DASAR TEORI

2.1 Sistem Tenaga Listrik

Untuk keperluan penyediaan tenaga listrik bagi para pelanggan, diperlukan berbagai peralatan listrik. Berbagai peralatan listrik ini dihubungkan satu sama lain mempunyai inter relasi dan secara keseluruhan membentuk suatu sistem tenaga listrik.

Yang dimaksud dengan sistem tenaga listrik disini adalah sekumpulan pusat Listrik dan Gardu Induk (Pusat Beban) yang satu sama lain dihubungkan oleh jaringan transmisi sehingga merupakan sebuah kesatuan interkoneksi.

Biaya operasi dari Sistem Tenaga Listrik pada umumnya merupakan bagian biaya yang terbesar dari biaya operasi suatu perusahaan Listrik. Secara garis besar biaya operasi dari suatu sistem Tenaga Listrik terdiri dari:

1. Biaya pembelian Tenaga Listrik.
2. Biaya pegawai.
3. Biaya Bahan Bakar dan Material Operasi.
4. Biaya lain-lain.

Dari keempat biaya diatas, biaya bahan bakar pada umumnya adalah biaya yang terbesar. Untuk PLN biaya bahan bakar adalah kira-kira 60 persen dari biaya operasi keseluruhan.

Mengingat hal-hal tersebut diatas maka operasi Sistem Tenaga Listrik perlu dikelola atas dasar pemikiran manajemen organisasi yang baik terutama

karena melihat biaya operasi yang terbesar dan juga karena langsung menyangkut citra PLN kepada masyarakat. Manajemen Operasi Sistem Tenaga Listrik haruslah memikirkan bagaimana menyediakan tenaga listrik yang seekonomis mungkin dengan tetap memperhatikan mutu dan keandalan.

Karena daya listrik yang dibangkitkan harus selalu sama dengan daya yang dibutuhkan oleh konsumen maka manajemen Operasi Sistem tenaga Listrik haruslah memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Perkiraan beban (*load forecast*).
2. Syarat-syarat pemeliharaan peralatan.
3. Keandalan yang diinginkan.
4. Alokasi beban dan produksi pembangkit yang ekonomis.

Keempat hal tersebut diatas seringkali masih harus dikaji terhadap beberapa kendala seperti:

1. Aliran beban dalam jaringan.
2. Daya hubung singkat peralatan.
3. Penyediaan suku cadang dan dana.
4. Stabilitas Sistem Tenaga Listrik.

Dengan memperhatikan kendala-kendala ini maka seringkali masih harus dilakukan pengaturan kembali terhadap rencana pemeliharaan dan alokasi beban. Makin besar suatu sistem tenaga listrik makin banyak unsur yang harus dikoordinasi serta yang harus diamati. Sehingga diperlukan perencanaan, pelaksanaan, pengendalian serta analisa operasi sistem yang cermat.

2.2 Sistem Operasi Pada Tenaga Listrik

Seperti yang diketahui bahwa dalam masalah pengaturan beban pada suatu operasi sistem tenaga listrik harus dicapai suatu keadaan operasi yang bisa diandalkan dan cukup ekonomis.

Ada beberapa kerja yang harus dilaksanakan untuk menjamin keandalan sistem operasi antara lain, pengaturan frekuensi dan tegangan sistem untuk berada pada harga normalnya karena adanya perubahan beban pada sistem. Dan seperti yang diketahui dan berulang kali disebutkan bahwa tenaga listrik tidak dapat disimpan sehingga dalam operasinya harus selalu dicapai keseimbangan antara penyediaan dengan pemenuhan kebutuhan daya serta perlu juga diingat bahwa sistem selalu berubah setiap saat. Maka sudah tentu jauh-jauh sebelumnya sudah harus diketahui atau diramalkan keadaan tersebut dengan tepat yaitu keadaan beban pada hari itu dari waktu ke waktu selama 24 jam. Keadaan beban ini digambarkan sebagai kebutuhan daya sebagai fungsi dari waktu yang bisa disebut dengan lengkung beban harian. Lengkung beban harian ini adalah merupakan sesuatu yang sangat penting disamping karakteristik-karakteristik lainnya sehingga dalam operasi hariannya harus berdasarkan lengkung beban harian yang telah dibuat karena dengan lengkung beban harian ini dapat ditentukan perencanaan operasi pembangkit-pembangkit yang ada, baik itu pembangkit *thermal* maupun *hidro*. Tentu saja kebutuhan beban dalam satu harinya tidak merata akan tetapi dari jam ke jam berbeda sesuai dengan kebutuhan konsumen. Berdasarkan lengkung beban yang telah ada maka dapat ditentukan berapa unit pembangkit yang harus bekerja dan siap bekerja pada hari itu.

Sebagai dasar pertimbangan yang sifatnya umum, untuk menentukan biaya produksi tenaga listrik yang dibutuhkan adalah dengan memperhatikan bahwa dalam keadaan beban minimum maka tenaga listrik yang dibutuhkan diberikan oleh unit pembangkit yang bekerja paling efisien pada keadaan tersebut. Pembangkit ini akan terus beroperasi atau dibebani sampai pada batas efisiensi maksimumnya. Dan apabila ternyata beban terus bertambah sedangkan unit pembangkit ini telah mencapai maksimumnya maka selanjutnya beban ditanggung oleh pembangkit yang lain yang belum mencapai efisiensi maksimumnya. Dengan dasar operasi yang demikian maka dapat dicapai keadaan operasi yang cukup ekonomis.

Akan tetapi dengan semakin berkembangnya sistem itu sendiri maka diperlukan suatu perencanaan pembangkit yang optimum dengan biaya operasi yang ekonomis dan harus memperhitungkan rugi-rugi yang terjadi pada saluran transmisi. Mengingat bahwa beban sistem adalah selalu berubah-ubah dari waktu ke waktu maka perlu untuk membuat secara grafis perubahan beban terhadap waktu.

Oleh karena biaya operasi untuk memproduksi daya listrik, suatu pembangkit hidro (PLTA) sangat kecil jika dibandingkan dengan pembangkit thermal (PLTU, PLTG, PLTGU, PLTD) maka pembahasan selanjutnya untuk mendapatkan biaya operasi yang ekonomis sebagian besar ditekankan pada unit pembangkit termal saja karena disini akan membutuhkan biaya operasi yang cukup tinggi sehingga usaha penghematan biaya bahan bakar akan sangat berarti. Dengan kata lain dengan mengkoordinasikan pembangkit-pembangkit yang

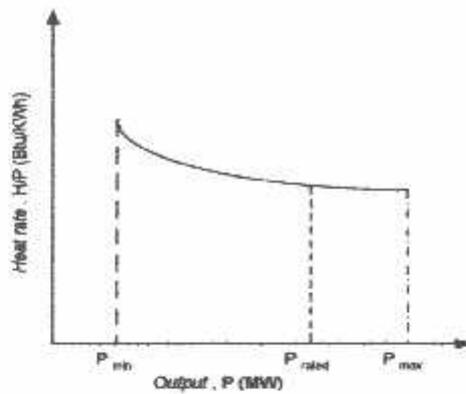
tersedia dengan tepat dan sesuai dengan beban maka akan didapat suatu keadaan operasi yang ekonomis.

Pembahasan mengenai operasi ekonomis adalah merupakan salah satu cara bagaimana menekan biaya produksi dari sistem tenaga listrik. Dalam hal ini maka metode yang dipakai adalah dengan memanfaatkan karakteristik dari menganalisa operasi dari sistem tersebut. Disamping karakteristik dari unit-unit pembangkit juga perlu diketahui karakteristik beban, karena karakteristik bebanlah maka dapat dianalisa pengaturan yang paling ekonomis dari setiap unit pembangkit. Adapun karakteristik yang perlu diketahui dari setiap unit pembangkit adalah:

1. Karakteristik *input* bahan bakar sebagai fungsi dari *output* daya.
2. Nilai panas sebagai fungsi *output* daya.
3. Kenaikan jumlah bahan bakar yang dibutuhkan jika terdapat perubahan beban.

Ketiga karakteristik tersebut merupakan pedoman menganalisa penjadwalan selanjutnya. Kemudian yang juga perlu diperhitungkan adalah variabel-variabel yang terdapat pada saluran transmisi, karena variabel-variabel ini juga sangat menentukan ekonomis tidaknya penjadwalan pembangkit yang kita tentukan.

Maka untuk mencapai suatu operasi yang ekonomis pada suatu sistem pembangkit yang ada pada suatu sistem tenaga listrik adalah dengan melakukan penjadwalan pada sistem pembangkit yang ada pada suatu sistem tenaga listrik yang ditinjau tersebut dengan memanfaatkan karakteristik dari setiap masing-masing pembangkit yang ada pada dasarnya bertujuan untuk menekan biaya



Gambar 2.3 Karakteristik *Heat Rate* dari Pembangkit *Thermal*

2.3.3 Karakteristik *Incremental Heat Rate* dan *Fuel Cost*

Perwujudan yang lain dari karakteristik pembangkit adalah karakteristik *incremental heat rate* atau perubahan tingkat laju panas dan karakteristik *incremental fuel cost* atau perubahan tingkat laju bahan bakar. Karakteristik ini menyatakan hubungan daya *output* pembangkit sebagai fungsi *incremental heat rate* atau *incremental fuel cost*. Karakteristik *incremental heat rate* ini menunjukkan besarnya perubahan *input* energi bila ada perubahan *output* pembangkit pada megawatt *output* unit pembangkit.

Kurva dari karakteristik *incremental heat rate* atau *fuel cost* dapat di lihat pada Gambar 2.4, sedangkan Persamaan *incremental heat rate* dan Persamaan *incremental fuel cost* dapat di lihat pada Persamaan (2.4) dan (2.5) sebagai Berikut:

$$\text{Incremental heat rate} = \frac{\Delta H}{\Delta P} \left(\frac{\text{MBtu}}{\text{KWh}} \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

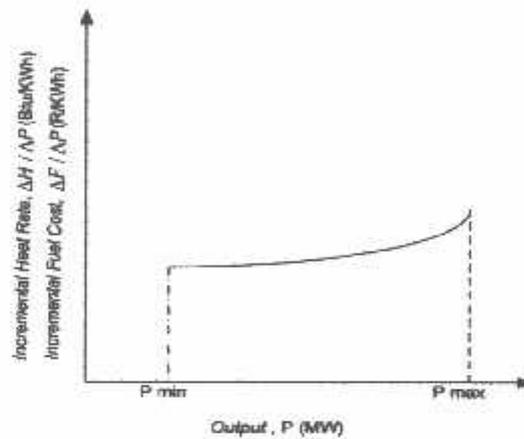
$$\text{Incremental fuel cost} = \frac{\Delta F}{\Delta P} \left(\frac{\text{Rupiah}}{\text{KWh}} \right) \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

ΔF : Selisih atau turunan biaya Biaya bahan bakar dalam fungsi waktu

ΔH : Selisih atau turunan Harga bahan bakar dalam fungsi waktu

ΔP : Selisih atau turunan daya dalam fungsi waktu



Gambar 2.4 Karakteristik *Incremental Heat Rate/Fuel Cost*

Bila ada Δ yang sangat kecil maka dapat dinyatakan dengan Persamaan berikut ini.

$$\text{Incremental heat rate} = \frac{\partial H}{\partial P} \left(\frac{\text{MBtu}}{\text{KWh}} \right) \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\text{Incremental fuel cost} = \frac{\partial F}{\partial P} \left(\frac{\text{Rupiah}}{\text{KWh}} \right) \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

∂F : Turunan parsial biaya Biaya bahan bakar

∂H : Turunan parsial Harga bahan bakar

∂P : Turunan daya dalam fungsi

2.4 Pembebanan Ekonomis (*economic dispatch*)

Yang dimaksud dengan *economic dispatch* adalah pembagian pembebanan pada pembangkit-pembangkit yang ada dalam sistem secara optimal dan ekonomis pada harga beban tertentu. Dengan dilakukan *economic dispatch* maka didapatkan biaya bahan bakar yang paling murah dari suatu sistem pembangkit. Oleh karena beban yang harus ditanggung oleh sistem pembangkit selalu berubah setiap periode waktu tertentu, maka perhitungan *economic dispatch* ini dilakukan untuk setiap harga beban tertentu (biasanya setiap jam). Rumus pendekatannya adalah:

$$HR(P_G) = a + b P_G + c P_G^2 \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana:

P_G : Daya keluaran generator (MW)

a, b, c : Konstanta

Dalam pengoperasian pembangkit secara ekonomis adalah penting untuk mengetahui biaya bahan bakar yang digunakan untuk membangkitkan daya yang diperlukan yang tergantung pada jenis bahan bakar, nilai kalori, dan harga bahan bakar.

2.5 Penjadwalan Pembangkit (*Unit Commitment*)

Karena aktifitas manusia mengikuti siklus waktu tertentu, maka sistem yang mendukung keberadaan manusiapun akan mengikuti siklus tersebut. Demikian pula sistem tenaga listrik akan mengikuti siklus manusia. Untuk siklus harian, misalnya, beban untuk waktu kerja dari pagi hingga sore hari dan waktu di

mana aktifitas manusia adalah istirahat atau tidur maka beban sistem tenaga listrik akan rendah. Untuk siklus mingguan juga tampak perubahan. Di mana untuk hari-hari kerja maka tingkat kebutuhan daya listrik akan tinggi, sedangkan untuk hari sabtu dan minggu maka penggunaan energi listrik cenderung lebih rendah.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut agar mendapatkan suatu keseimbangan antara beban yang dibutuhkan konsumen dengan daya keluaran dari perusahaan listrik (yang dalam hal ini produsen) diperlukan suatu penjadwalan operasi unit pembangkit, karena tidak mungkin untuk mencukupi beban puncak kurun waktu siang hari unit yang dioperasikan hanya satu dua unit pembangkit saja, untuk itu diperlukan unit-unit yang lain yang ikut beroperasi yang biasa disebut sebagai sistem hubungan interkoneksi. Yang pada prinsipnya adalah menggabungkan secara paralel beberapa pusat pembangkit yang berada di beberapa lokasi melalui suatu jaringan transmisi bertegangan tinggi untuk menyuplai beban gabungan (*infinite bus*).

Dengan sistem terinterkoneksi diharapkan akan menghasilkan suatu keseimbangan antara kebutuhan beban dengan daya yang dibangkitkan oleh unit-unit pembangkit, muncul sebuah masalah bagaimana mengoperasikan unit-unit pembangkit secara optimal. Artinya bagaimana mendapatkan suatu operasi pembangkit yang optimal agar dapat mencapai biaya operasi (biaya bahan bakar khususnya) seminimal mungkin, karena biaya bahan bakar merupakan faktor terpenting dalam biaya operasi.

Metode yang paling tepat dalam menyelesaikan permasalahan tersebut, adalah komitmen unit yang mempunyai tujuan untuk mendapatkan jadwal unit

pembangkit yang beroperasi selama periode waktu tertentu secara optimal dengan biaya operasi yang minimum. Pada komitmen unit diasumsikan ada seperangkat N unit pembangkit yang tersedia dan adanya ramalan permintaan beban yang akan dikonsumsi konsumen, dengan demikian persoalannya adalah menentukan sub perangkat mana yang seharusnya dioperasikan agar memperoleh biaya seekonomis mungkin.

2.5.1 Kendala-Kendala Unit Termal

Dalam pengoperasian unit pembangkit untuk memenuhi kebutuhan beban terdapat berbagai kendala yang merupakan syarat pembatas (*constraint*) kendala tersebut antara lain:

2.5.1.1 Cadangan Berputar(*spinning reserve*)

Merupakan cadangan daya yang harus dipertimbangkan dari unit-unit yang beroperasi, di mana apabila ada salah satu unit yang mengalami kegagalan operasi (*jatuh/trip*) maka daya yang berkurang akibat kegagalan operasi dari unit tersebut dapat diganti ataupun dapat ditanggulangi oleh cadangan daya tersebut. Umumnya cadangan daya yang ada diperhitungkan untuk mampu menggantikan apabila unit yang terbesar mengalami kegagalan operasi. Cadangan berputar dinotasikan dalam "R" dan dapat dihitung besarnya setiap jam sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^N P_i^{\max} u_i \geq P_D + P_L + R \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

P_D Daya yang dibutuhkan

P_L : Rugi-rugi

R : Cadangan berputar

P_i^{\max} : Daya maksimum pada unit "i"

U_i : Status on/off pada unit "i"

Selain hal itu cadangan berputar juga harus mempertimbangkan beberapa hal. Pertama cadangan berputar harus dialokasikan dengan mempertimbangkan adanya pembangkit dengan kecepatan respon tinggi dan pembangkit dengan respon rendah. Hal ini untuk mengembalikan frekuensi yang turun akibat pembangkit yang lepas dengan cepat. Kedua, cadangan berputar juga harus disebar secara merata untuk menghindari batasan kemampuan transmisi dan untuk mengantisipasi beroperasinya sistem secara terpisah.

2.5.1.2 Batasan Unit *Thermal*

Unit-unit *thermal* memerlukan operator untuk mengoperasikannya , khususnya pada saat menghidupkan ataupun mematikan. Unit *thermal* dapat bekerja dengan menaikkan temperatur secara bertahap dan hal ini mengubahnya kedalam periode sistem dari beberapa jam yang diperlukan untuk membuat unit-unit tersebut bekerja. Sebagai hasilnya dari beberapa pembatasan dalam pengoperasian *plant thermal*, beberapa batasan muncul sebagai berikut :

a. *Minimum Up Time (MUT)*

Adalah interval waktu minimum di mana suatu unit yang baru bekerja atau terhubung pada sistem tidak boleh dilepas atau dimatikan kembali sebelum melewati batas *up time*

Contoh :

Sebuah unit mempunyai minimum *up time* 2 jam.

Artinya :

Bila unit ini baru terhubung pada sistem sebelum ada 2 jam (kurang dari 2 jam) maka unit ini tidak boleh dilepas.

$$(T_{t-1,t}^{on} - MUT)(u_{t-1,t} - u_{t,t}) \geq 0 \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

T^{on} : Lama waktu unit *on*

$u_{t,t}$: Status unit *on/off*

b. *Minimum Down Time (MDT)*

Adalah interval waktu minimum di mana suatu unit dalam keadaan *decommit* atau tidak bekerja tidak boleh dihubungkan pada sistem sebelum melewati batas waktu minimum *down time* atau Pada saat unit tidak bekerja, ada waktu minimum sebelum unit tersebut kembali bekerja.

$$(T_{t-1,t}^{off} - MDT)(u_{t-1,t} - u_{t,t}) \geq 0 \dots\dots\dots(2.11)$$

T^{off} : Lama waktu unit *off*

$u_{t,t}$: Status unit *on/off*

c. *Batasan Kru (Crew Constraint)*

Jika ada pembangkit yang terdiri dari dua ataupun lebih, unit-unit tersebut tidaklah dapat dihidupkan pada saat yang bersamaan

2.5.2 *Biaya Start-up*

Dikarenakan temperatur dan tekanan maka pada unit *thermal* harus dijalankan dengan pelan, sejumlah energi harus dikeluarkan untuk membuat unit

bekerja. Maka tentu ada biaya bahan bakar pada saat proses awal unit bekerja hingga mencapai kondisi berkerja atau yang disebut biaya star-up.

Biaya *start up* adalah biaya yang diperlukan oleh pembangkit untuk start dari keadaan tidak beroperasi atau terhubung pada sistem tenaga listrik.

Ada dua macam biaya *start* :

1. Biaya *start* pada kondisi dingin

Kondisi ini terjadi karena pada saat pembangkit dilepas dari sistem atau tidak beroperasi, temperatur boiler dibiarkan turun dari temperatur kerjanya, sehingga pada saat akan beroperasi dilakukan pemanasan kembali.

$$\text{Biaya Start} = C_c \left(1 - e^{-\frac{\tau}{\alpha}} \right) F + C_f \dots\dots\dots (2.12)$$

di mana :

C_c = Biaya *start* pada kondisi dingin (Mbtu)

F = *Fuel Cost*

C_f = *Fixed Cost*

τ = Waktu selama unit dingin (dihitung dari awal unit tidak beropersi)

α = *Thermal Time Constrain*.(waktu konstanta unit termal untuk mencapai keadaan *steady state*)

2. Biaya *start* pada kondisi temperatur boiler dijaga pada temperatur kerja (*Banking*)

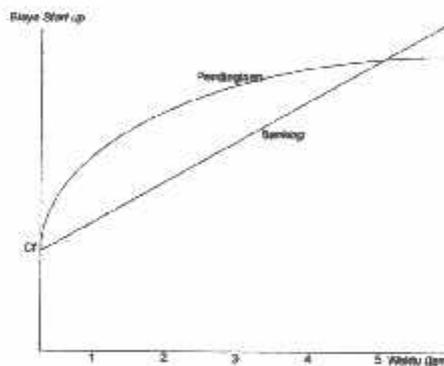
Kondisi ini terjadi karena saat pembangkit dilepas dari sistem, temperatur boiler tetap dijaga pada temperatur kerja.

$$\text{Biaya Start} = C_i T.F + C_f \dots\dots\dots (2.13)$$

di mana :

C_i = Biaya untuk mempertahankan temperatur (Mbtu/h)

Sampai dengan beberapa jam tertentu biaya dari biaya *start* pada kondisi temperatur boiler dijaga pada temperatur kerja (*Banking*) akan lebih murah dari pada biaya *start* pada kondisi dingin. Hal itu tampak pada Gambar 2.1.



Gambar 2.5 Biaya *Start-Up* sebagai Fungsi waktu

2.5.3 Fungsi Obyektif dan *Constraint* Pembangkit Listrik

Sasaran dari masalah komitmen Unit adalah meminimalkan total biaya operasi dalam penjadwalan unit pembangkit. Oleh sebab itu, fungsi obyektif dinyatakan sebagai jumlah dari fungsi biaya bahan bakar dan biaya *start-up* dari unit pembangkit.

$$F(P_u, U_u) = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^N [F_i(P_u) + ST_i(1 - U_{i,t-1})] U_u \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan $F_u(P_u) = a_i + b_u P_u + c_i P_u^2 \dots\dots\dots (2.15)$

2.6 Algoritma Genetika

2.6.1 Konsep Dasar

Algoritma Genetika merupakan metode *adaptive* yang biasa digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam sebuah masalah optimasi. Algoritma ini didasarkan pada proses genetik yang ada dalam makhluk hidup yaitu perkembangan generasi dalam sebuah populasi yang alami, secara lambat laun mengikuti prinsip seleksi alam siapa yang kuat, dia yang bertahan (*survive*). Dengan proses ini, algoritma genetika dapat digunakan untuk mencari solusi permasalahan-permasalahan dalam dunia nyata.

Algoritma Genetika ditemukan oleh John Holland pada tahun 1970 yang dilandasi oleh sifat-sifat evolusi alam. Holland percaya bahwa ini sangat cocok digabungkan dalam sebuah algoritma komputer, menghasilkan sebuah teknik penyelesaian untuk permasalahan-permasalahan yang sulit dengan langkah alami yaitu melalui evolusi. John Holland mulai bekerja dengan algoritma yang dibentuk dari string-string biner 1 dan 0 yang disebut kromosom. Seperti halnya alam, algoritma ini menyelesaikan permasalahan-permasalahan dengan menemukan kromosom-kromosom yang baik dengan memanipulasi materi dan sifat (*gene*) kromosom-kromosom. Algoritma ini tidak mengetahui tipe permasalahan yang akan diselesaikan. Hanya informasi yang telah diberikan dari

evaluasi berupa nilai *fitness* setiap kromosom dengan nilai *fitness* terbaik yang bertahan hidup dan selalu diproduksi.

Sebelum Algoritma Genetika dijalankan maka sebuah kode yang sesuai (representasi) untuk persoalan harus dirancang. Titik solusi dalam ruang permasalahan dikodekan dalam bentuk kromosom/string yang terdiri dari komponen genetik terkecil yaitu gen. Pemakaian bilangan seperti *integer*, *floating point* dan abjad sebagai *allele* (nilai gen) memungkinkan penerapan operator genetika yaitu proses produksi (*reproduction*), pindah silang (*crossover*), mutasi (*mutation*) untuk menciptakan himpunan titik-titik solusi. Untuk memeriksa hasil optimasi, kita membutuhkan fungsi *fitness* yang menandakan gambaran hasil (*solution*) yang sudah dikodekan. Selama proses, induk harus digunakan untuk reproduksi, pindah silang dan mutasi untuk menciptakan keturunan (*offspring*). Jika Algoritma Genetika didesain dengan baik, populasi akan mengalami konvergensi dan akan mendapatkan solusi yang optimum.

2.6.2 Istilah-Istilah Algoritma Genetika

Algoritma Genetika menggunakan mekanisme genetika yang ada pada proses alami dan sistem buatan. Istilah-istilah yang digunakan adalah gabungan dari dua disiplin ilmu, yaitu ilmu biologi dan ilmu komputer. Mitsuo Gen dan Runwei Cheng (1997) menjelaskan istilah-istilah yang digunakan dalam Algoritma Genetika sebagai berikut :

Tabel 2.1 Istilah yang digunakan dalam Algoritma Genetika

Istilah	Keterangan
Kromosom	Individu berupa segmen string yang sudah ditentukan
Gen	Bagian dari string
Loci	Posisi dari gen
Allele	Nilai yang dimasukkan dalam gen
Phenotype	String yang merupakan solusi terakhir
Genotype	Sejumlah string hasil perkawinan yang berpotensi sebagai solusi

Terdapat beberapa parameter yang digunakan dalam Algoritma genetika. Parameter tersebut digunakan untuk melihat kompleksitas dari Algoritma genetika. Parameter yang digunakan tersebut adalah :

1. Jumlah Generasi (*MAXGEN*)

Merupakan jumlah perulangan (iterasi) dilakukannya rekombinasi dan seleksi. Jumlah generasi ini mempengaruhi kestabilan output dan lama iterasi (waktu proses Algoritma Genetika). Jumlah generasi yang besar dapat mengarahkan ke arah solusi yang optimal, namun akan membutuhkan waktu yang lama. Sedangkan jika jumlah generasinya terlalu sedikit maka solusi akan kurang optimal.

2. Ukuran Populasi (*POPSIZE*)

Ukuran populasi mempengaruhi kinerja dan efektivitas dari Algoritma Genetika. Jika ukuran populasi kecil maka populasi tidak menyediakan cukup materi untuk mencakup ruang permasalahan, sehingga pada umumnya kinerja

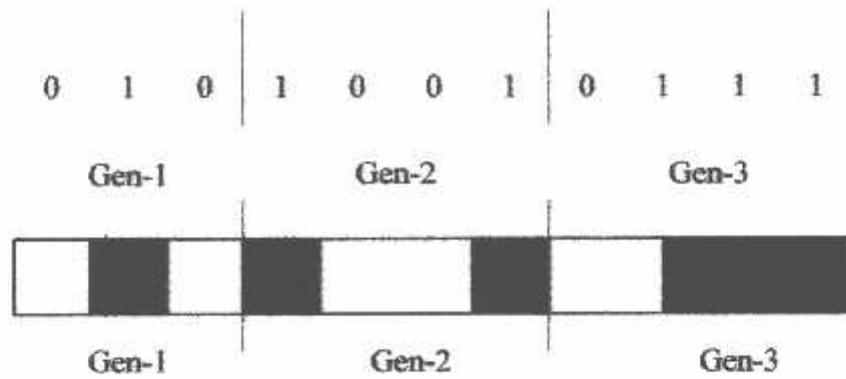
Algoritma Genetika menjadi buruk. Dalam hal ini dibutuhkan ruang yang lebih besar untuk mempersentasikan keseluruhan ruang permasalahan. Selain itu pengguna populasi yang besar dapat mencegah terjadinya konvergensi.

3. Probabilitas *Crossover* (P_c)

Probabilitas *crossover* ini digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator *crossover*. Dalam hal ini dalam populasi terdapat $P_c \times POPSIZE$ struktur (individu) yang melakukan pindah silang. Semakin besar nilai probabilitas *crossover* maka semakin cepat struktur baru yang diperkenalkan dalam populasi. Namun jika tingkat probabilitas *crossover* terlalu besar maka struktur dengan nilai fungsi obyektif yang baik dapat hilang lebih cepat dari seleksi. Sebaliknya jika probabilitas terlalu kecil akan menghalangi proses pencarian dalam proses Algoritma Genetika.

4. Probabilitas Mutasi (P_m)

Mutasi digunakan untuk meningkatkan variasi populasi digunakan untuk menentukan tingkat mutasi yang terjadi, karena frekuensi terjadinya mutasi tersebut menjadi $P_m \times POPSIZE \times N$, dimana N adalah panjang struktur / gen dalam satu individu. Probabilitas mutasi yang rendah akan menyebabkan gen-gen yang berpotensi tidak dicoba. Dan sebaliknya, tingkat mutasi yang tinggi akan menyebabkan keturunan semakin mirip dengan induknya. Dalam Algoritma Genetika, mutasi menjalankan aturan penting yaitu :



Gambar 2.6
Representasi string bit

Demikian juga, kromosom dapat dipresentasikan dengan menggunakan :

- String bit : 10011, 01101, 11101, dst
- Bilangan real : 65.66, -67.98, 562.88, dst
- Elemen permutasi : E2, E5, E10, dst
- Daftar aturan : R1, R2, R3, dst
- Elemen program : pemrograman genetika
- Struktur lainnya.

B. Prosedur Inisialisasi

Ukuran populasi tergantung pada masalah yang akan dipecahkan dan jenis operator genetika yang akan diimplementasikan. Setelah ukuran populasi ditentukan lalu dilakukan inisialisasi terhadap kromosom yang terdapat pada populasi tersebut. Inisialisasi kromosom dilakukan secara acak namun harus tetap memperhatikan domain solusi dan kendala permasalahan yang ada.

Suatu populasi awal P_0 adalah dibentuk sebagai $P_0 = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ oleh pembangkitan N individu secara random, dimana N adalah ukuran populasi. Setiap x_i , $i = 1, 2, \dots, N$ diberikan suatu nilai fitness $\mathcal{G}(x_i) = G(f(x_i), v_i)$, dimana $f(x_i)$ merupakan fitness sejati dari gen x_i , v_i diuraikan sebagai alternative acak dalam x_i . Jadi $G(f(x_i), v_i)$, dituliskan sebagai nilai fitness (fitness score).

C. Fungsi Evaluasi (Fungsi *Fitness*)

Ada 2 hal yang harus dilakukan dalam melakukan evaluasi kromosom yaitu: evaluasi fungsi objektif (fungsi tujuan) dan konversi fungsi objektif ke dalam fungsi *fitness*. Selain secara umum, fungsi *fitness* diturunkan dari fungsi objektif dengan nilai yang tidak negatif. Apabila ternyata nilai dari fungsi objektif adalah negatif maka perlu ditambahkan suatu konstanta c agar nilai *fitness* yang terbentuk menjadi negative.

Fungsi evaluasi atau fungsi *fitness* dirancang untuk masing masing permasalahan yang akan diselesaikan. Dengan menggunakan kromosom tertentu, fungsi objektif atau fungsi evaluasi akan mengevaluasi status masing masing kromosom dalam populasi. Dengan kata lain fungsi evaluasi ini digunakan untuk menghitung derajat kesesuaian atau kelayakan pada calon-calon penyelesaian (candidate solution).

D. Seleksi

Seleksi ini bertujuan untuk memberikan kesempatan reproduksi yang lebih besar bagi anggota populasi yang paling fit. Seleksi akan menentukan individu-individu mana saja yang akan dipilih untuk dilakukan rekombinasi dan

bagaimana *offspring* terbentuk dari individu-individu tersebut. Langkah pertama yang harus dilakukan dalam seleksi ini adalah pencarian nilai *fitness*. Masing-masing individu dalam suatu wadah seleksi akan menerima probabilitas reproduksi yang tergantung pada nilai objektif dirinya sendiri terhadap nilai objektif dari semua individu dalam wadah seleksi tersebut. Nilai *fitness* inilah yang nantinya akan digunakan pada tahap-tahap seleksi berikutnya. Ada beberapa metode seleksi dari induk, antara lain :

1. ***Roulette Wheel Selection***

Metode seleksi *roulette* ini merupakan metode yang paling sederhana dan sering juga dikenal dengan nama *stochastic sampling with replacement*. Dimana setiap individual memiliki harga *fitness* sehingga didapatkan probabilitas individual tersebut di *copykan* pada populasi yang baru. Untuk individual yang memiliki probabilitas 20% untuk jumlah populasi 10 maka kemungkinan individual tersebut dapat terpilih sebanyak dua kali.

2. ***Rank Selection***

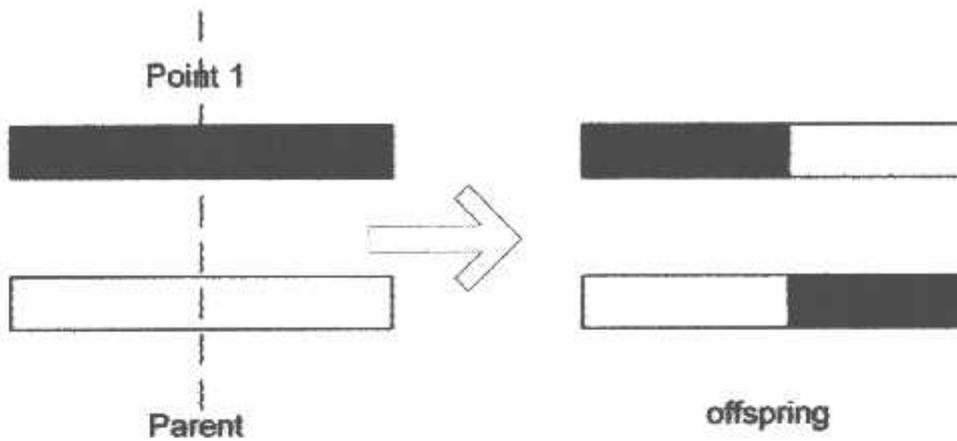
Apabila *fitness* yang dimiliki oleh suatu kromosom dalam populasi berbeda terlalu jauh dari kromosom lainnya maka hal ini dapat menjadi permasalahan. Misalnya bila kromosom terbaik mempunyai *fitness* yang menyebabkan besarnya tempat yang dimilikinya dalam *roulette wheel* sebesar 90% maka kromosom-kromosom yang lain akan mempunyai peluang yang terlalu kecil untuk diseleksi.

Rank selection pertama kali meranking populasi dan kemudian setiap kromosom diberi nilai *fitness* baru berdasarkan hasil ranking tersebut. Yang pertama akan mempunyai *fitness* 1, yang kedua akan mempunyai *fitness* 2 dan seterusnya sampai mempunyai *fitness* N . Dengan demikian semua kromosom akan mempunyai peluang untuk diseleksi.

E. Operator Genetika

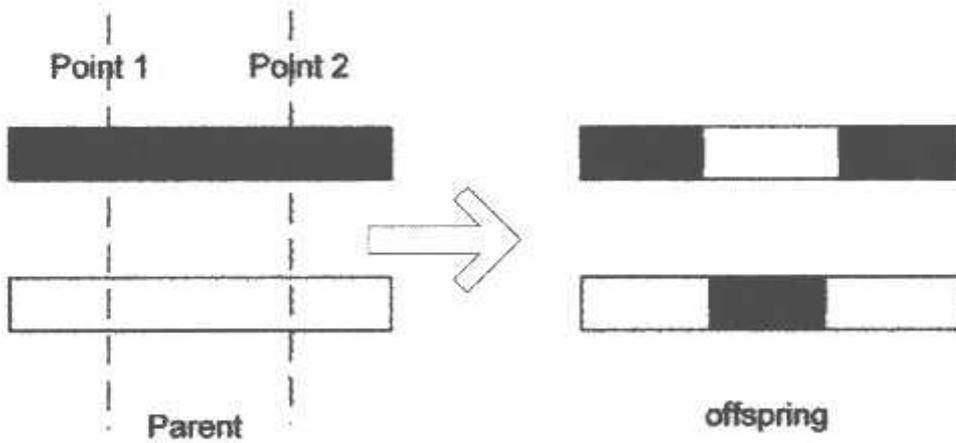
a. *Crossover* (Pindah Silang)

Fungsi dari *crossover* adalah menghasilkan kromosom anak dari kombinasi materi-materi gen dua kromosom induk. Cara kerjanya dengan membangkitkan sebuah nilai random rk dimana $k = 1, 2, 3, \dots, \text{POPSIZE}$. Probabilitas *crossover* (P_c) ditentukan dan digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator *crossover*. Apabila nilai $rk < P_c$ maka kromosom ke- k terpilih untuk mengalami *crossover*. *Crossover* yang paling sederhana adalah *one point crossover*. Posisi titik persilangan (*point*) ditentukan secara random pada *range* satu sampai panjang kromosom. Kemudian nilai *offspring* diambil dari dua *parent* tersebut dengan batas titik persilangan tersebut. Ilustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 3.2



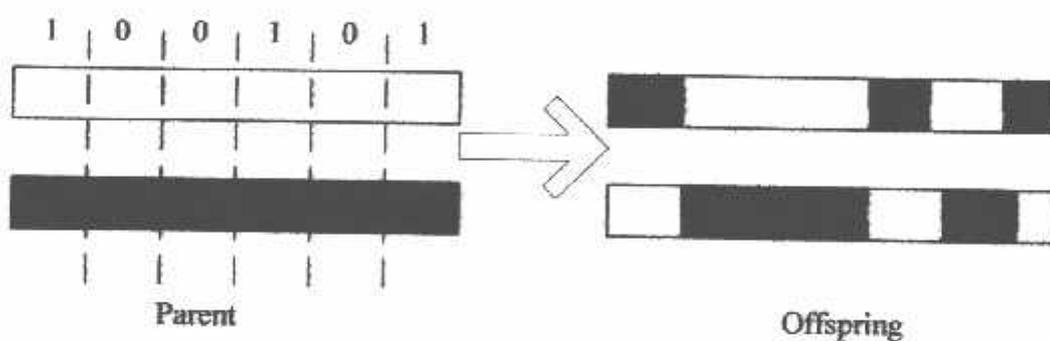
Gambar 2.7
 Ilustrasi operator dengan *One Point Crossover*

Kemudian ditingkatkan lagi dengan menggunakan *two point crossover*. Penentuan posisi titik persilangan sama seperti *one point crossover* sebelumnya. Pemilihan secara random dilakukan dua kali. Kemudian nilai *offspring* diambil dari dua *parent* tersebut dengan batas dua titik persilangan tersebut. Ilustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 3.3



Gambar 2.8
 Ilustrasi operator dengan *Two Point Crossover*

Untuk *crossover uniform* dibangkitkan suatu nilai random 0 dan 1 sepanjang jumlah kromosom untuk nilai loci. Jika nilai yang dibangkitkan mempunyai nilai 1 maka *allele parent 2* dan *offspring 2* untuk loci tersebut diambil dari *allele parent 1* dan *offspring 2* untuk loci tersebut diambil dari *allele parent 2*. Ilustrasi kerja operator ini digambarkan seperti pada gambar 3.4



Gambar 2.9
Ilustrasi operator crossover dengan *uniform crossover*

b *Mutation* (Mutasi)

Operator mutasi digunakan untuk memodifikasi satu atau lebih nilai gen dalam satu individu. Cara kerjanya dengan membangkitkan sebuah nilai random r_k , dimana $k = 1, 2, 3, \dots, NVAR$ (panjang kromosom). Probabilitas mutasi (P_m) ditentukan dan digunakan untuk mengendalikan frekuensi operator mutasi. Apabila nilai random $r_k < P_m$ maka gen ke- k kromosom tersebut terpilih untuk mengalami mutasi. Mutasi dengan mengganti gen 0 dengan 1 atau sebaliknya gen 1 dan 0. biasanya disebut flip, yaitu membalik nilai ke 1 atau 1 ke 0.

BAB III
APLIKASI METODE *HYBRID WARKSHALL GENETICA*
ALGORITHM UNTUK PENJADWALAN UNIT PEMBANGKIT
DI PT. PJB

3.1. Pendahuluan

Penjadwalan dalam sistem tenaga listrik merupakan faktor yang paling penting, karena penjadwalan dalam sistem tenaga listrik saling terkait dengan biaya operasional pembangkit (biaya bahan bakar, biaya start up, biaya shut down dan biaya lainnya). Oleh karena itu, perencanaan penjadwalan unit operasi pembangkit harus komprehensif dan sistematis baik dalam perencanaan jangka panjang ataupun perencanaan operasional pembangkit, sehingga di capai suatu operasi pembangkit yang optimal.

Pada bab ini membahas tentang algoritma penyelesaian penjadwalan operasi pembangkit dengan menggunakan metode *Warkshall* dan metode *Genetica Algorithm*. Selain itu, pada bab ini juga diperlihatkan data-data tentang pembangkit yang diperlukan untuk menyelesaikan kedua metode diatas

3.2 Model Karakteristik Pembangkit *Thermal*

Dalam melakukan perhitungan biaya bahan bakar pada pembangkit-pembangkit *thermal* yang beroperasi, karakteristik PLTU dan PLTG merupakan karakteristik per unit, sedangkan karakteristik PLTGU merupakan karakteristik per blok. Adapun model karakteristik pembangkit *thermal* tersebut dapat didekati dengan persamaan kuadrat sebagai berikut :

$$H_i = a_i P_i^2 + b_i P_i + c_i \dots\dots\dots(3.1)$$

Tabel 3.1
Data Unit Termal Pada PT. Pembangkitan Jawa-Bali
Agustus 2002

No	Nama Pembangkit	Bahan Bakar	Kapasitas (MW)		Lama Waktu (Jam)			
			Min	Max	MUT	MDT	Cold	Hot
1	PLTU Paiton 1	Coal	225	370	72	48	17	4
2	PLTU Paiton 2	Coal	225	370	72	48	17	4
3	PLTGU Gresik GT 1.1	Gas	53	102	36	10	1	0
4	PLTGU Gresik GT 1.2	Gas	53	102	36	10	1	0
5	PLTGU Gresik GT 1.3	Gas	53	102	36	10	1	0
6	PLTGU Gresik ST 1.0	Gas	250	480	36	10	3	1
7	PLTGU Gresik GT 2.1	Gas	53	102	36	10	1	0
8	PLTGU Gresik GT 2.2	Gas	53	102	36	10	1	0
9	PLTGU Gresik GT 2.3	Gas	53	102	36	10	1	0
10	PLTGU Gresik ST 2.0	Gas	250	480	36	10	3	1
11	PLTGU Gresik GT 3.1	Gas	53	102	36	10	1	0
12	PLTGU Gresik GT 3.2	Gas	53	102	36	10	1	0
13	PLTGU Gresik GT 3.3	Gas	53	102	36	10	1	0
14	PLTGU Gresik ST 3.0	Gas	250	480	36	10	3	1
15	PLTU Gresik 1	Gas	43	85	48	10	9	1
16	PLTU Gresik 2	Gas	43	85	48	10	9	1
17	PLTU Gresik 3	Gas	90	175	48	10	9	2
18	PLTU Gresik 4	Gas	90	175	48	10	9	2
19	PLTG Gresik 1	Gas	5	16	3	1	1	0
20	PLTG Gresik 2	Gas	5	16	3	1	1	0
21	PLTG Gilitimur 1	HSD	5	16	3	1	1	0
22	PLTG Gilitimur 2	HSD	5	16	3	1	1	0
23	PLTGU M. Karang ST	Gas	50	95	36	10	1	0
24	PLTGU M. Karang ST	Gas	50	95	36	10	1	0
25	PLTGU M. Karang ST	Gas	50	95	36	10	1	0
26	PLTGU M. Karang ST	HSD	300	465	36	10	3	1
27	PLTGU M. Tawar GT	HSD	72	138	36	10	0	0
28	PLTGU M. Tawar GT	HSD	72	138	36	10	0	0
29	PLTGU M. Tawar GT	HSD	72	138	36	10	0	0
30	PLTGU M. Tawar GT	HSD	72	138	36	10	0	0
31	PLTGU M. Tawar GT	HSD	72	138	36	10	0	0
32	PLTGU M. Tawar GT	HSD	162	202	36	10	3	1
33	PLTU M. Karang 1	MFO	44	85	48	10	6	1
34	PLTU M. Karang 2	MFO	44	85	48	10	6	1
35	PLTU M. Karang 3	MFO	44	85	48	10	6	1
36	PLTU M. Karang 4	Gas	90	165	48	10	11	2
37	PLTU M. Karang 5	Gas	90	165	48	10	11	2

Sumber : Data Beban Harian Unit Termal PT. PJB, Jl. Ketintang Baru No. 11, Surabaya 60231

Tabel 3.2
Data Biaya Dan Parameter Unit Termal Pada PT. Pembangkitan Jawa-Bali
Agustus 2002

No	Nama Pembangkit	Biaya Start-Up (Juta Rp)		Koefisien Biaya Bahan Bakar		
		Cold Start-Up	Hot Start-	A	B	C
1	PLTU Paiton 1	682.98	149.68	3244978	111712.15	10.2971
2	PLTU Paiton 2	682.98	149.68	3244978	111712.15	10.297
3	PLTGU Gresik GT 1.1	7.82	0	5467532.4	217963.548	34.155
4	PLTGU Gresik GT 1.2	7.82	0	5467532.4	217963.548	34.155
5	PLTGU Gresik GT 1.3	7.82	0	5467532.4	217963.548	34.155
6	PLTGU Gresik ST 1.0	57.68	31.46	10936203.3	72527.004	368.875
7	PLTGU Gresik GT 2.1	7.82	0	5467532.4	217963.548	34.155
8	PLTGU Gresik GT 2.2	7.82	0	5467532.4	217963.548	34.155
9	PLTGU Gresik GT 2.3	7.82	0	5467532.4	217963.548	34.155
10	PLTGU Gresik ST 2.0	57.68	31.46	10936203.3	72527.004	368.875
11	PLTGU Gresik GT 3.1	7.82	0	5467532.4	217963.548	34.155
12	PLTGU Gresik GT 3.2	7.82	0	5467532.4	217963.548	34.155
13	PLTGU Gresik GT 3.3	7.82	0	5467532.4	217963.548	34.155
14	PLTGU Gresik ST 3.0	57.68	31.46	10936203.3	72527.004	368.875
15	PLTU Gresik 1	143.74	40.59	1327126.68	217378.359	132.066
16	PLTU Gresik 2	143.74	40.59	1327126.68	217378.359	132.066
17	PLTU Gresik 3	229.5	95.52	5017369.5	169242.579	193.545
18	PLTU Gresik 4	229.5	95.52	5017369.5	169242.579	193.545
19	PLTG Gresik 1	6.13	0	352707.3	350680.77	903.969
20	PLTG Gresik 2	6.13	0	352707.3	350680.77	903.969
21	PLTG Gilitimur 1	6.13	0	687181.85	683240.965	1762.3893
22	PLTG Gilitimur 2	6.13	0	687181.85	683240.965	1762.3893
23	PLTGU M. Karang ST 1.1	7.35	0	5730795	202052.97	108.045
24	PLTGU M. Karang ST 1.2	7.35	0	5730795	202052.97	108.045
25	PLTGU M. Karang ST 1.3	7.35	0	5730795	202052.97	108.045
26	PLTGU M. Karang ST 1.0	54.22	29.67	14706521.25	53685.135	460.845
27	PLTGU M. Tawar GI 1.1	0	0	14706521.25	433337.8	49.4605
28	PLTGU M. Tawar GT 1.2	0	0	14706521.25	433337.8	49.4605
29	PLTGU M. Tawar GT 1.3	0	0	14706521.25	433337.8	49.4605
30	PLTGU M. Tawar GT 2.1	0	0	14706521.25	433337.8	49.4605
31	PLTGU M. Tawar GT 2.2	0	0	14706521.25	433337.8	49.4605
32	PLTGU M. Tawar GT 1.0	118.08	64.4	672630	144191.717	519.1757
33	PLTU M. Karang 1	122.58	31.08	2417820.7	473895.41	120.77935
34	PLTU M. Karang 2	122.58	31.08	2417820.7	473895.41	120.77935
35	PLTU M. Karang 3	122.58	31.08	2417820.7	473895.41	120.77935
36	PLTU M. Karang 4	215.34	89.29	2949187.5	205217.145	83.79
37	PLTU M. Karang 5	215.34	89.29	2949187.5	205217.145	83.79

Sumber : Data Beban Harian Unit Termal P1 PJB, JL. Ketintang Baru No. 11, Surabaya 6023

Catatan :	Harga Batubara	253	Rp/Kg
	Harga MFO	1595,5	Rp/Liter
	Harga HSD	1595,5	Rp/Liter
	Harga Gas UP. Gresik	2,53	US\$/MMBTU
	Harga Gas UP. M. Karang	2,45	US\$/MMBTU
	Nilai Tukar	9000	Rp/US\$

3.4 Aplikasi Metode Warkshall Genetica Algorithm Pada PT. PJB.

Perhitungan dan analisis ini dilakukan pada kebutuhan daya yang ditanggung PT. Pembangkitan Jawa-Bali tanggal 27, 30 dan 31 Juli 2005. Analisis data dilakukan untuk ketiga hari tersebut, karena ketiga hari tersebut mewakili karakteristik kurva yang berlainan dengan keterangan sebagai berikut :

- Tanggal 27 Juli 2005 hari Rabu dimana masyarakat lebih banyak melakukan aktivitas rutin khususnya dalam bidang pekerjaan, sehingga pada hari tersebut kebutuhan energi relatif tinggi, karena sebagian besar industri dan perkantoran melakukan aktivitas kerjanya sepanjang hari. Dengan kata lain bahwa hari tersebut mewakili beban pada hari kerja penuh.
- Tanggal 30 Juli 2005 adalah hari Sabtu dimana masyarakat merata pada kegiatannya. Karena tidak semua aktivitas industri dan perkantoran berjalan. Ada yang aktivitas kerjanya penuh, ada yang setengah hari dan ada pula yang libur. Sehingga pada saat itu kebutuhan energi listrik relatif sedang. Sangat tepat sekali apabila hari tersebut mewakili beban pada hari kerja efektif setengah penuh.
- Tanggal 31 Juli 2005 adalah hari Minggu dimana kegiatan industri dan perkantoran tidak berjalan/libur. Sehingga kebutuhan listrik cenderung kecil.

Berdasarkan data yang terdapat dalam PT. Pembangkitan Jawa-Bali pada sistem tenaga pada table 3.1, ternyata pada saat dilakukan pengambilan data, semua unit pembangkit dalam kondisi siap beroperasi. Maka dapat disusun input data unit pembangkit termal yang siap operasi pada tanggal 27 Juli 2005 sampai dengan 31 Juli 2005, yaitu sebanyak 37 unit pembangkit.

Besarnya cadangan berputar sistem diterapkan PT. PJB sebesar 400 MW untuk tiap jam. Cadangan ini bertujuan untuk mengantisipasi kemungkinan kehilangan daya akibat gangguan, sedangkan cadangan berputar PT. PJB ditentukan sebesar daya unit pembangkit termis yang terbesar "trip" untuk wilayah kerja PT. PJB *single* unit terbesar yang dimiliki adalah PLTU Paiton 1 dan 2 dengan kapasitas daya yang terpasang 400 MW.

3.5 Beban Sistem

Dalam wilayah Jawa-Bali, pembangkit-pembangkit tenaga listrik yang ada dikoordinasi oleh PT Pembangkitan Jawa-Bali. Proses Unit Commitment dengan metode Warkshal Genetic Algorithm bertujuan :

- Untuk menentukan penjadwalan unit pembangkit termal yang akan melayani kebutuhan beban tiap jam.
- Untuk menentukan besarnya biaya operasi pembangkitan yang optimal dengan menggunakan metode *Warkshall Genetic Algorithm*

Untuk mengetahui seberapa besar efisiensi dari metode ini, maka dilakukan evaluasi dengan mengambil data unit pembangkit termal dan beban yang ditanggung oleh PT Pembangkitan Jawa-Bali sebagai bahan perbandingan. Sedangkan kombinasi jadwal dan daya output pembangkitan tenaga listrik dalam

sistem PT Pembangkitan Jawa-Bali tanggal 27,30 dan 31 Juli 2005 terdapat pada lampiran. Untuk beban sistem terdapat pada tabel 3.3 (beban sistem yang ditanggung oleh pembangkit termal saja).

PT. Pembangkitan Jawa-Bali tidak mempunyai dasar yang pasti untuk menentukan nilai dari *spinning reserve* (cadangan berputar) tiap periode jam, tetapi PT Pembangkitan Jawa-Bali menggunakan asumsi bahwa nilai cadangan berputar diambil dari daya terpasang terbesar dari unit pembangkit PLTU Paiton yaitu sebesar 400 MW sebagai nilai cadangan berputar tiap periode jam.

Tabel 3.3
Data Beban Unit Termal Pada PT. Pembangkitan Jawa-Bali

Jam	Rabu 27 Juli 2005		Sabtu 30 Juli 2005		Minggu 31 Juli 2005	
	Beban Sistem (MW)	Cadangan Putar (MW)	Beban Sistem (MW)	Cadangan Putar (MW)	Beban Sistem (MW)	Cadangan Putar (MW)
01.00	2300	400	2525	400	2275	400
02.00	2175	400	2300	400	1755	400
03.00	2090	400	2170	400	1755	400
04.00	2090	400	2170	400	1740	400
05.00	2240	400	2470	400	1895	400
06.00	2215	400	2250	400	1970	400
07.00	1990	400	1940	400	1642	400
08.00	2250	400	2065	400	1565	400
09.00	2540	400	2190	400	1615	400
10.00	2590	400	2190	400	1675	400
11.00	2590	400	2210	400	1625	400
12.00	2340	400	2165	400	1575	400
13.00	2575	400	2140	400	1575	400
14.00	2575	400	2190	400	1575	400
15.00	2575	400	2265	400	1575	400
16.00	2475	400	2130	400	1575	400
17.00	2475	400	2197	400	1689	400
18.00	2951	400	2849	400	2689	400
19.00	2981	400	2989	400	2929	400
20.00	2981	400	2934	400	2924	400
21.00	2951	400	2914	400	2904	400
22.00	2664	400	2582	400	2632	400
23.00	2430	400	2375	400	2330	400
24.00	2405	400	2300	400	2215	400

Sumber: Data Beban Harian Unit Termal PT. PJB, JL. Keintang Baru No. 11, Surabaya 60231

3.6 Algoritma *Warkshall*

Algoritma yang ditemukan oleh Warkshall untuk mencari path terpendek dan merupakan algoritma yang sederhana dan mudah implementasinya. Masukan Alogaritma *Warkshall* adalah matriks hubung graf berarah berlabel, dan keluarannya adalah path terpendek dari semua titik ke semua titik.

Dalam usaha untuk mencari path terpendek, algoritma Warkshall memulai itersi dari titik awalnya kemudian memperpanjang path dengan mengevaluasi titik demi titik hingga mencapai tujuan dengan jumlah bobot yang seminim mungkin.

Misalkan W_0 adalah matriks hubung graf berarah berlabel mula-mula.

W^* adalah matriks hubung minimal dengan W_{ij}^* = path terpendek dari titik V_i ke V_j .

Algoritma Warkshall untuk mencari path terpendek adalah sebagai berikut:

1. $W = W_0$
2. Untuk $K = 1$ hingga n , lakukan:
 Untuk $i = 1$ hingga n , lakukan :
 Untuk $j = 1$ hingga n lakukan :
 Jika $W[i,j] > W[i,k] + W[k,j]$ maka
 Tukar $W[i,j]$ dengan $W[i,k] + W[k,j]$
3. W^*

Dalam iterasinya untuk mencari path terpendek, algoritma Warkshall membentuk n matriks, sesuai dengan iterasi- k ., Meskipun prosesnya bukanlah

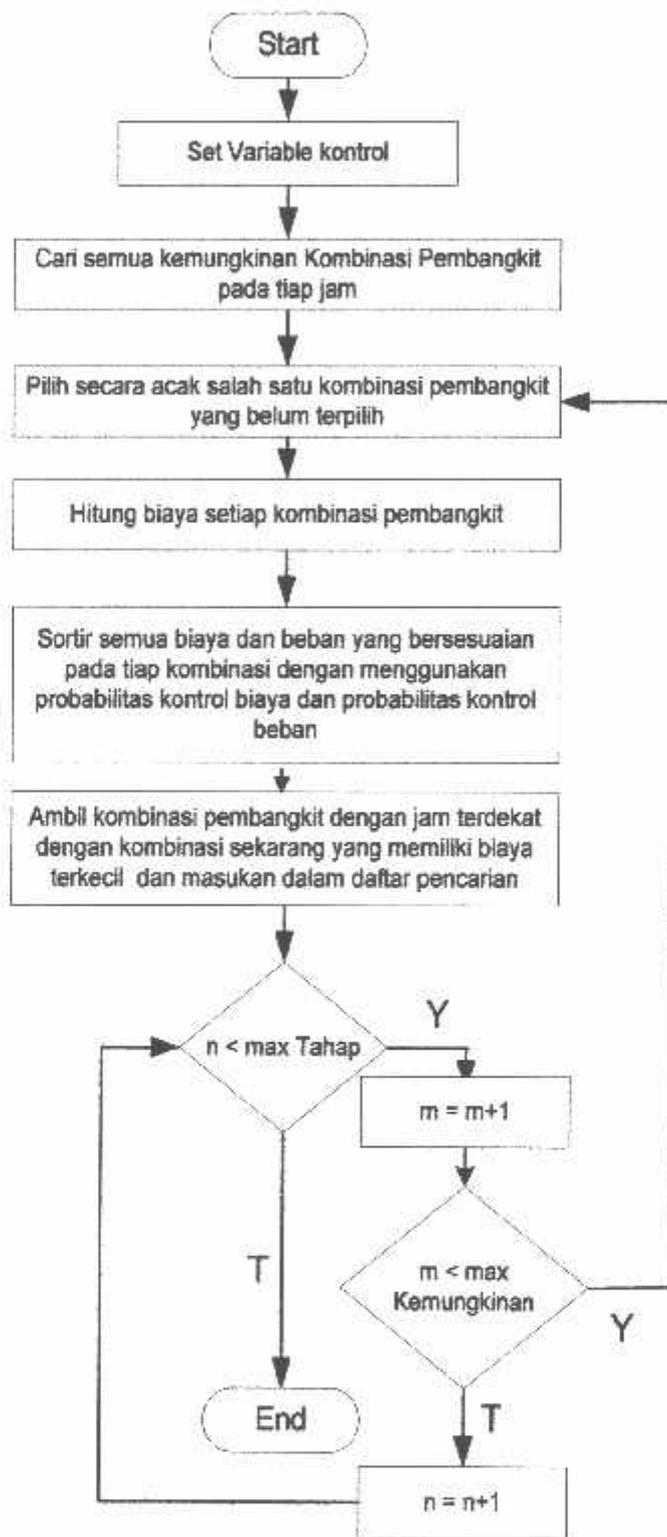
yang tercepat, algoritma Warkshall sering dipergunakan untuk menghitung path terpendek karena kesederhanaan algoritmanya. Adapun algoritma penjaluran dengan metode *Warkshall* untuk komotmen unit adalah dengan nilai evaluasi awal untuk menentukan beberapa kandidat kemungkinan kombinasi pembangkit pada tiap jam, perhitungan ini dilakukan untuk meminimalisir iterasi pada pencarian Genetic Algorithm pada tahap selanjutnya.

Prosedure perhitungan dari metode *Warkshall* adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai variable control beban dan biaya
2. Temukan semua kemungkinan Kombinasi Pembangkit pada tiap jam untuk 24 jam
3. Pilih secara acak salah satu kombinasi pembangkit yang belum terpilih
4. Hitung biaya setiap kombinasi pembangkit
5. Evaluasi semua biaya dan beban yang bersesuaian pada tiap kombinasi dengan menggunakan probabilitas kontrol biaya dan probabilitas kontrol beban
6. Ambil kombinasi pembangkit dengan jam terdekat dengan kombinasi sekarang yang memiliki biaya terkecil dan masukan dalam daftar pencarian
7. Jika $n < \max$ Tahap
 - a. YA : naikan satu pada nilai pencacah m , lakukan langkah-8
 - b. Tidak : Lakukan langkah-9
8. Jika $m < \text{jumlah kemungkinan kombinasi ke-}n$
 - a. Ya: Lakukan langkah-3

b. Tidak: naikan satu nilai pencacah n , lakukan langkah-7

9. Selesai



Gambar 3.1. FlowChart Warkshal Route

3.7 Metode *Hybrid Warkshall Genetica Algorithm* (WGA)

Hybrid Warkshal Genetica Algorithm adalah suatu metode strategi optimasi dengan dua tahapan. Tahap evaluasi *Warkshall* dan tahap optimasi *Genetic Algorithm*. Dengan adanya tahap evaluasi *Warkshall* maka dapat memperkecil jumlah kemungkinan dalam lingkungan solusi sehingga akan mempercepat waktu proses.

Adapun prosedur dari penyelesaian permasalahan penjadwalan unit pembangkit dengan menggunakan metode WGA adalah sebagai berikut:

1. Mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan pembangkit yang meliputi data-data pembangkit, daya maksimum dan daya minimum, biaya *start*, harga bahan bakar, kondisi awal unit-unit pembangkit, minimum *up time*, minimum *down time*
2. Set *Warkshal Range* berupa probabilitas control biaya, dan probabilitas control beban
3. Program akan menentukan kemungkinan kombinasi pembangkit yang digunakan dengan memperhatikan daftar prioritas dari unit-unit pembangkit serta menghitung daya maksimum dan daya minimum dari setiap kombinasi
4. Aplikasikan metode evaluasi penjaluran *Warkshal* (penjelasan pada gambar 3.5 flowchart penjaluran *Warkshal*)
5. Memasukkan parameter *GA* yang meliputi banyaknya jumlah generasi, jumlah populasi, probabilitas *Crossover*, probabilitas *mutasi*, probabilitas *flip*, konstanta *ka*, konstanta *alpha*

$$\text{Min} \left[\sum_{i=1}^{\text{npop}} F_s \right] \dots\dots\dots(4.3)$$

$$\text{Avg} \left[\sum_{i=1}^{\text{npop}} F_s \right] \dots\dots\dots(4.4)$$

dimana :

F_s : nilai fitness individu

N_{pop} : jumlah populasi

i : indeks iterasi

9. Seleksi tiap-tiap kromosom.

10. Terapkan operator mutasi.

11. Apakah jumlah offspring = max populasi

Jika ya lakukan ,offspring=offspring+1,langkah 12

Jika tidak lakukan langkah 8

12. Kompetisikan setiap parent dan child untuk mengganti nilai kromosom

pada iterasi selanjutnya. Diasumsikan bahwa populasi individu generasi ke

k adalah

$$X_{i,t}^{n,k} = \{ x_{i,t}^{1,k}, x_{i,t}^{2,k}, \dots, x_{i,t}^{n,k} \} \dots\dots\dots(4.5)$$

dimana :

$X_{i,t}^{n,k}$: symbol parent

$x_{i,t}^{1,k}, x_{i,t}^{2,k}, \dots, x_{i,t}^{n,k}$: symbol child

Fungsi ini untuk memeriksa kesesuaian individua jika kesesuaian lebih

baik daripada individual generasi induk maka akan dipilih ke dalam

generasi berikutnya. Jika nilai kesesuaian lebih buruk daripada generasi induk individual maka ini akan digunakan atau dibuang menurut formula berikut

$$\Delta f = f(x_{i,t}^{n,k+1}) - f(x_{i,t}^{n,k}) < 0 \dots\dots\dots(4.6)$$

dimana:

n : individual populasi

k : jumlah generasi

i,t : indeks iterasi

Δf : selisih dari fitness

$f(x_{i,t}^{n,k+1})$: nilai fitness child

$f(x_{i,t}^{n,k})$: nilai individu parent

13. Apakah sudah konvergen/optimal, dengan kondisi konvergen

$$ABS(\text{solusi ke-}i - \text{solusi ke}(i-1)) < 0.001$$

a. Jika ya lakukan langkah 14

b. Jika tidak lakukan langkah 9

14. Apakah gen = maximum generasi

a. Jika ya lakukan langkah 15

b. Jika tidak lakukan, gen=gen+1, langkah 8

15. Akhiri perhitungan.

Gambar Flow Chart WGA

3.8 Validasi Program

Sebelum melakukan eksekusi program optimasi pembangkitan, program diuji validasi dahulu dengan data jurnal "Weerakorn Ongsakul and Nit Petcharak" "Unit Commitment by Enhanced Adaptive Lagrange Relaxation", IEEE Transactions On Power System, Vol. 19, No. 1, February 2004 untuk jumlah unit sebanyak 10 unit dan beban sistem dengan periode waktu 24 jam.

Adapun data yang terdapat dalam jurnal tersebut sebagai berikut:

Tabel 3.4.
Generation System Operation Data

Unit	Pmin	Pmax	a	b	c	MUT	MDT	Hot Start Cost	Cold Start Cost	Cold Start Hours	Initial Status (INS)
	MW	MW	(\$)	(\$/MWh)	(\$/MWh ²)	(Hrs)	(Hrs)	(\$)	(\$)	(Hrs)	(Hrs)
1	150	455	100	16.19	0.00048	8	8	4500	9000	5	8
2	150	455	970	17.26	0.00031	8	8	5000	10000	5	8
3	20	130	700	16.6	0.002	5	5	550	1100	4	-5
4	20	130	680	16.5	0.00211	5	5	560	1120	4	-5
5	25	162	400	19.7	0.00398	6	6	900	1800	4	-6
6	20	80	370	22.26	0.00712	3	3	170	340	2	-3
7	25	85	480	27.74	0.00079	3	3	260	520	2	-3
8	10	55	635	25.92	0.00413	1	1	30	60	0	-1
9	10	55	665	27.27	0.00222	1	1	30	60	0	-1
10	10	55	670	27.79	0.00173	1	1	30	60	0	-1

Tabel 3.5.
Load Data For 24 Hours

Hours	Load (MW)										
1	700	5	1000	9	1300	13	1400	17	1000	21	1300
2	750	6	1100	10	1400	14	1300	18	1100	22	1100
3	850	7	1150	11	1450	15	1200	19	1200	23	900
4	950	8	1200	12	1500	16	1050	20	1400	24	800

Tabel 3.6.
Data Penjadwalan Selama 24 jam
Yang Terdapat Pada Jurnal

Jam	Beban (MW)	Unit									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	700	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	750	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	850	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
4	950	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
5	1000	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
6	1100	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
7	1150	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
8	1200	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
9	1300	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
10	1400	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
11	1450	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
12	1500	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1400	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
14	1300	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
15	1200	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
16	1050	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
17	1000	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
18	1100	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
19	1200	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
20	1400	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
21	1300	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
22	1100	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0
23	900	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
24	800	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Data yang terdapat pada tabel 3.4,3.5, dan 3.6 jika dilakukan eksekusi program optimasi penjadwalan dengan menggunakan metode *Hyibrid Warkshall Genetic Algorithm* pada skripsi ini akan didapatkan hasil sebagai berikut:

Input Data

Variable Kontrol | Data Spesifikasi Pembangkit | Data Pembebanan | Data Aktual Penjadualan

Jumlah Pembangkit: 10 Jumlah Tahapan (jam): 24

No	Nama Pembangkit	Pmin	Pmax	a2	a1	a0
1	Unit 1	150	455	0.00048	16.19	100
2	Unit 2	150	455	0.00031	17.26	970
3	Unit 3	20	130	0.002	16.6	700
4	Unit 4	20	130	0.00211	16.5	690
5	Unit 5	25	162	0.00398	19.7	400
6	Unit 6	20	80	0.00712	22.26	370
7	Unit 7	25	85	0.0079	27.74	480
8	Unit 8	10	55	0.00413	25.92	635
9	Unit 9	10	55	0.00222	27.27	665
10	Unit 10	10	55	0.00173	27.79	670

Save Table

Save Close

Gambar 3.3. Inputan Data Parameter Di Jurnal Untuk Uji Validasi

Evaluasi Awal

Warkah Hasil | Set Parameter

Parameter

Maximum Populasi: 10

Maximum Generasi: 100

Probabilitas Mutasi: 0.01

Konstanta Flip: 0.2

Use Standard

click for next

Gambar 3.4. Evaluasi Awal Parameter GA Validasi

	Biaya UC	Biaya PLN	Selisih Biaya
1	-11,282,847	0	11,282,847
2	-13,672,963	0	13,672,963
3	15,643,639	0	-15,643,639
4	-10,941,741	0	10,941,741
5	-13,877,043	0	13,877,043
6	19,303,459	0	-19,303,459
7	-16,594,868	0	16,594,868
8	-11,197,487	0	11,197,487
9	10,183,072	0	-10,183,072
10	-13,696,610	0	13,696,610
11	-10,308,060	0	10,308,060
12	11,662,736	0	-11,662,736

Total Biaya WGA	Total Biaya Aktual	Selisih Total Biaya	Waktu Eksekusi
566,840	0	-566,840	0:0:0.360

Gambar 3.5. Hasil Perhitungan Uji Validasi

**Tabel 3.7.
Perbandingan Hasil Pada Jurnal Dengan Hasil Optimasi
Dengan Metode WGA**

Unit	Waktu (Hours)	Total Biaya Jurnal (\$)	Total Biaya WGA (\$)	Parameter				Ket (%)
				Populasi	Generasi	Mutasi	Flip	
10	24	565,825	566,840	10	100	0.001	0.2	0.11

Pada tabel 4.4 terlihat bahwa hasil uji Validasi antara jurnal dengan hasil optimasi apabila menggunakan metode *Hybrid Warkshall Genetic Algorithm* dan parameter yang digunakan sama, ternyata menunjukkan sedikit perbedaan, terutama biaya operasi. Pada jurnal biaya operasi adalah US\$ 565,825 sedangkan pada program besar biaya adalah sebesar US\$ 566,840 dengan demikian

persentase error perhitungan biaya operasi dan penjadwalan dengan metode WGA adalah 0.017 %. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Profit \%} &= \frac{\text{Perhitungan Jurnal} - \text{Perhitungan WGA}}{\text{Perhitungan Jurnal}} \times 100\% \\ &= \frac{565.825 - 566.840}{565.825} \times 100\% \\ &= 0.017\% \end{aligned}$$

BAB IV

SIMULASI DAN ANALISA HASIL PENJADWALAN PEMBANGKIT MENGGUNAKAN METODE WARKSHALL HYBRID GENETIC ALGORITMA (WGA) PADA PT. PJB

4.1 Pendahuluan

Dalam pemecahan masalah komitmen Unit pada PT. PJB digunakan bantuan program komputer yang bertujuan mempercepat proses perhitungan dengan tingkat ketelitian tinggi.,dan dengan suatu penyelesaian cerdas seperti metode GA, *Fuzzy Logic* atau pun lainnya, pada tulisan ini akan dibahas penyelesaian dengan menggunakan metode *Warkshall Genetica Algorithm*(WGA). *Warkshal Genetic Algorithm* adalah suatu metode strategi optimasi dengan dua tahapan. Tahap evaluasi *Warkshall* dan tahap optimasi *Genetic Algorithm*. Dengan adanya tahap evaluasi *Warkshall* maka dapat memperkecil jumlah kemungkinan dalam lingkungan solusi sehingga akan mempercepat waktu proses.

4.2 Aplikasi Program Dengan Metode *Warkshall Geneticu Algorithm* Untuk Penjadwalan Unit Pembangkit pada PT.PJB

Pada penerapannya analisa ini menggunakan perangkat lunak Borland Delphi 7.0 sebagai alat bantu hitung. *Borland Delphi* yang merupakan bahasa pemrograman terstruktur yang relative mudah penggunaanya. alasan digunakannya program ini adalah karena program ini cukup familiar, dan juga

program ini mendukung untuk berbagai operasi matematis dan dilengkapi dengan fungsi-fungsi standard matematis yang cukup lengkap.

Implementasi algoritma pada aplikasi ini menggunakan aturan-aturan *iteratif* pada Delphi, dengan kata lain rekayasa fungsi-fungsi yang di buat pada program akan dijalankan secara terstruktur dengan pola sistematika penyelesaian masalah pada aplikasi ini.

Pada aplikasi ini terdapat beberapa form yang salah satunya adalah "*Form Utama*" yang berfungsi sebagai form *parent*, form utama adalah form yang berfungsi untuk memulai suatu operasi dengan menggunakan fasilitas yang disediakan. Beberapa fasilitas yang disediakan pada form ini adalah:

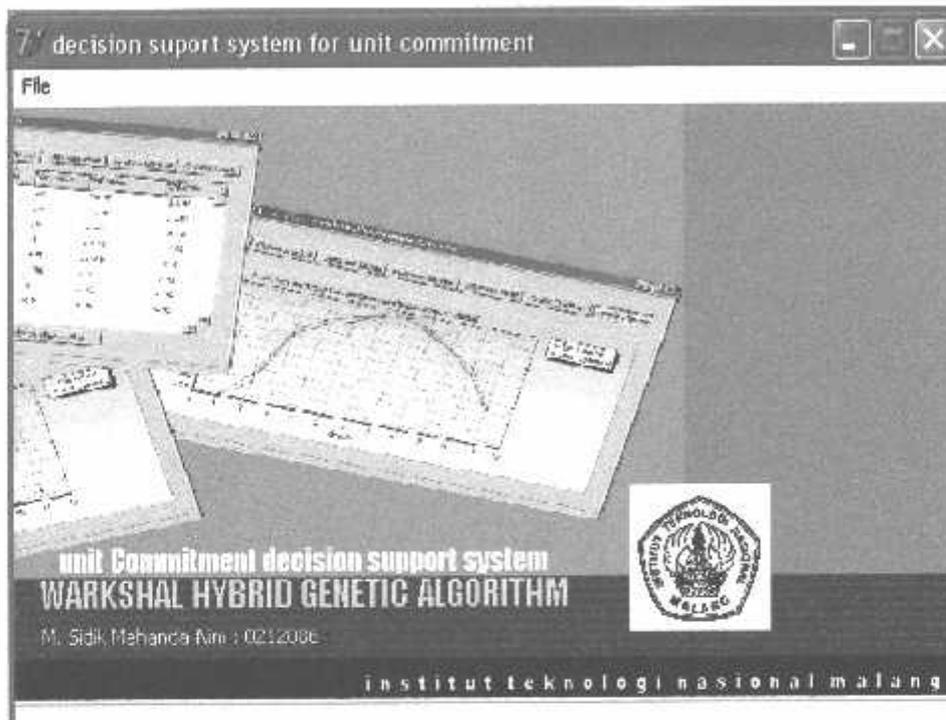
1. *New Work Sheet*

Fasilitas ini adalah fitur pada aplikasi untuk user agar dapat menginputkan file baru untuk dianalisa.

2. *Load Work Sheet*

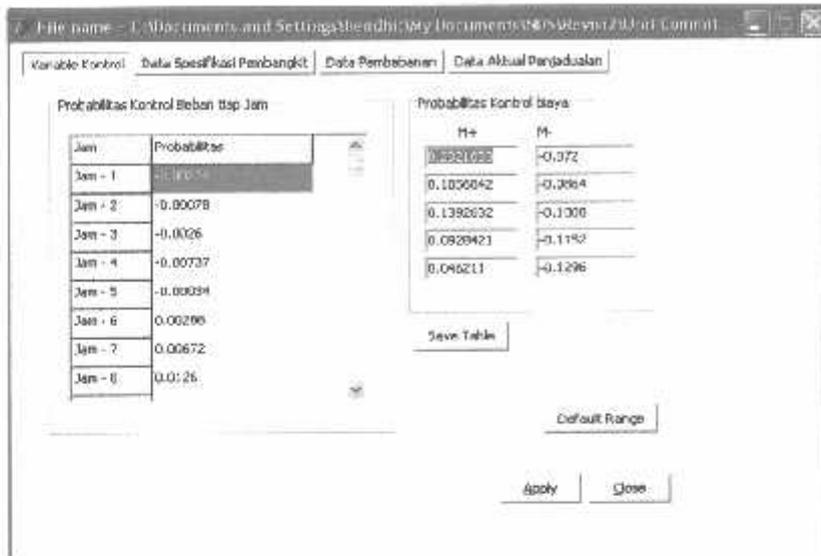
Fasilitas ini adalah fasilitas untuk *me-load* file yang akan dianalisa.

Pada fasilitas ini juga berisikan data tentang judul dan informasi lain tentang aplikasi, untuk lebih jelasnya berikut disajikan tampilan *form utama*.

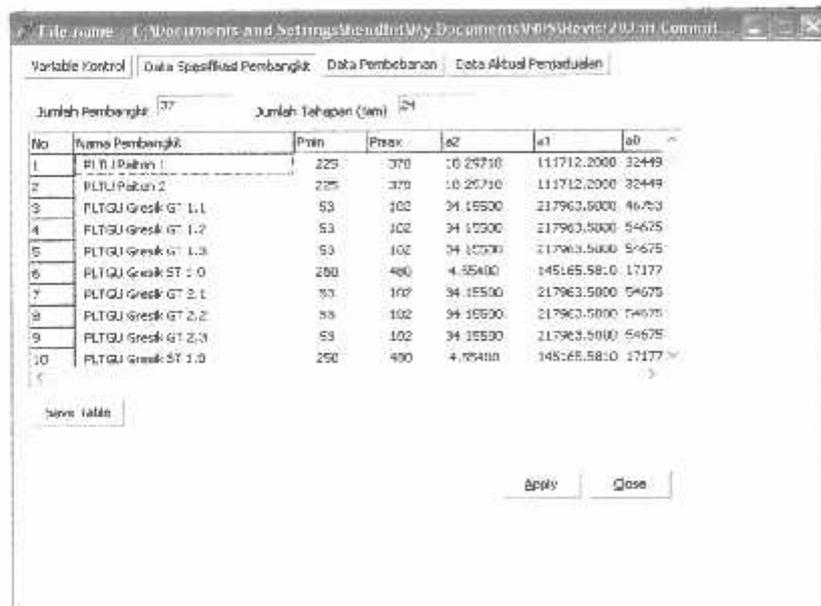


Gambar 4.1. Tampilan Form Utama

Pada aplikasi ini form yang berfungsi sebagai *buffer* sementara penampung data input adalah "*Form Data Input*", form ini memuat data spesifikasi pembangkit, data pembebanan, dan data aktual penjadwalan, sebelum melanjutkan ke perhitungan selanjutnya yaitu evaluasi *Warkshall* user di haruskan mengisi parameter *Warkshall* yaitu berupa probabilitas kontrol beban, dan probabilitas kontrol biaya, atau dengan mengisi nilai standard pada fungsi tombol "*Default Range*", setelah variable kontrol telah di-set maka perhitungan dapat dilanjutkan dengan meng-*click* tombol "*Apply*", Gambar 4.2 sampai gambar 4.4 berikut adalah tampilan form data input.



Gambar 4.2. Tampilan Form Data Input Tab Sheet Variable kontrol



Gambar 4.3. Tampilan Form Data Input Tab Sheet Spesifikasi Pembangkit

	Jan 1	Jan 2	Jan 3	Jan 4	Jan 5	Jan 6	Jan 7	Jan 8
Gen 1	360	390	360	360	360	360	310	360
Gen 2	360	390	360	360	360	360	310	360
Gen 3	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 4	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 5	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 6	300	250	250	250	275	250	250	250
Gen 7	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 8	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 9	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 10	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 11	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 12	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 13	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 4.4. Tampilan Form Data Input Tab Sheet Data Aktual Penjadwalan

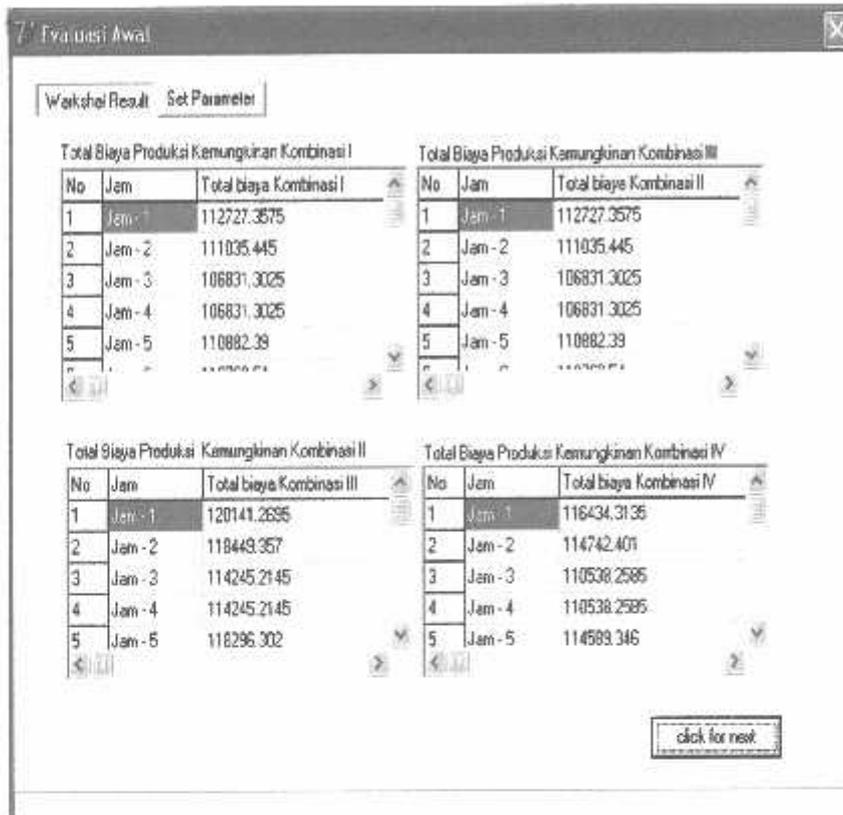
Setelah mengaplikasikan metode *Warkshall* dengan meng-*click* tombol “*Apply*”, maka hasil dari penerapan metode evaluasi ini dapat dilihat pada tampilan form “*evaluasi awal*”. Pada form “*evaluasi awal*” terdapat 2(dua) *tabsheet* yaitu :

1. *TabSheet “Warkshal Result”*

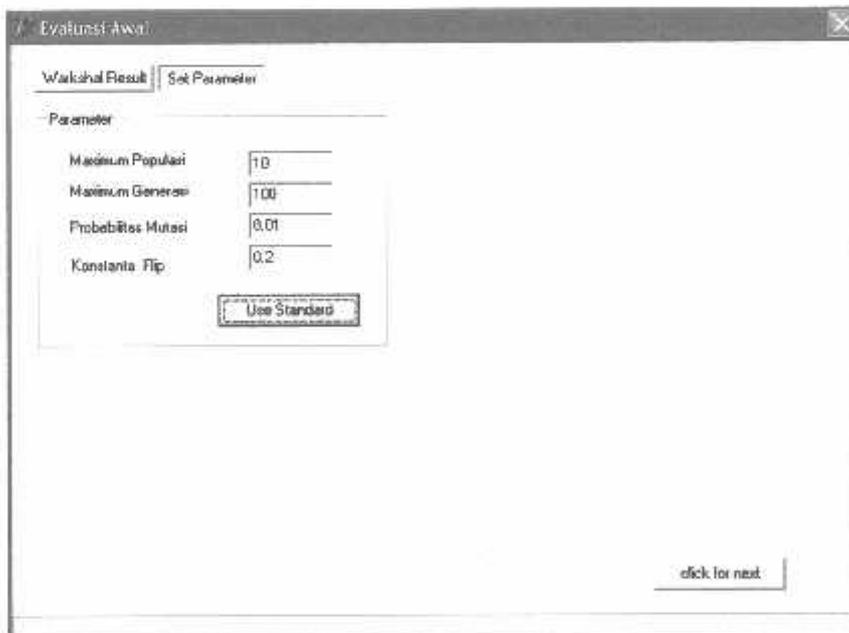
TabSheet ini memiliki fungsi sebagai media penampil data hasil perhitungan *Warkshall*

2. *Tab Sheet “Set Parameter”*

Tab Sheet ini berfungsi untuk user agar dapat menginputkan parameter GA dengan mengisi pada *text box* yang telah disediakan, atau dengan cara menerapkan fungsi yang ada pada tombol “*Use Standard*” untuk settingan standard. Setelah itu tekan tombol “*click for next*” untuk melanjutkan. Untuk penjelasan gambar form “*evaluasi awal*” dijelaskan pada gambar 4.5 dan 4.6



Gambar 4.5. Tampilan Form Evaluasi Awal Tab Sheet Warkshat Result



Gambar 4.6. Tampilan Form Evaluasi Awal Tab Sheet Parameter GA

Form yang terakhir adalah form yang berfungsi sebagai penampil data hasil perhitungan WGA, yang meliputi total biaya WGA, total biaya aktual, dan penjadwalan optimal. Untuk melakukan perhitungan terakhir adalah dengan menerapkan fungsi pada tombol "WGA". Berikut adalah tampilan dari "form hasil perhitungan".

The screenshot shows a window titled "Hasil Perhitungan" with several tabs: "Penjadwalan Optimal", "Pembebanan Optimal", "Final Result", "Pembebanan Aktual", and "Grafik". The "Final Result" tab is active, displaying a table with three columns: "Biaya UC", "Biaya PLN", and "Selisih Biaya". The table lists 12 rows of data. Below the table is a summary section with four columns: "Total Biaya WGA", "Total Biaya Aktual", "Selisih Total Biaya", and "Waktu Eksekusi". To the right of the summary section are buttons for "Save Table", "WGA", and "Close".

	Biaya UC	Biaya PLN	Selisih Biaya
1	452,161,218	464,544,490	12,383,272
2	427,196,628	445,152,537	17,955,909
3	441,522,665	429,890,280	-11,632,405
4	417,789,759	429,890,280	12,100,481
5	441,923,382	454,392,306	12,468,924
6	465,695,327	450,703,396	-14,991,931
7	402,455,770	418,029,154	15,573,384
8	439,936,020	457,160,966	17,224,946
9	562,476,690	544,211,424	-18,265,266
10	541,427,430	551,612,015	10,184,585
11	531,716,344	551,612,015	19,895,671
12	504,508,828	490,355,870	-14,152,950

Total Biaya WGA	Total Biaya Aktual	Selisih Total Biaya	Waktu Eksekusi
12,569,063,007	12,935,923,475	366,060,468	3:00:828

Gambar 4.7. Tampilan Form Hasil Perhitungan Tab Sheet Final Result

4.3 Analisa Data dan Hasil Perhitungan

4.3.1 Untuk Beban Hari Rabu, 27 Juli 2005

4.3.1.1 Tampilan Program

Berikut adalah data beban penjadwalan per jam pada tiap pembangkit pada hari Rabu, 27 juli 2005 PT PJB.

	Jam 1	Jam 2	Jam 3	Jam 4	Jam 5	Jam 6	Jam 7	Jam
Gen 1	360	360	360	360	360	360	310	360
Gen 2	360	360	360	360	360	360	310	360
Gen 3	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 4	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 5	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 6	300	250	250	250	275	250	250	250
Gen 7	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 8	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 9	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 10	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 11	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 12	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 13	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 4.8. Beban penjadwalan PT.PJB 27 juli 2005

Solusi kombinasi penjadwalan menurut perhitungan WGA pada hari rabu, 27 juli 2005 dijelaskan pada gambar 4.9 berikut:

7 Hasil Perhitungan

Perjadualan Optimal | **Pembebanan Optimal** | Final Result | Pembebanan Aktual | Grafik

	Jam 1	Jam 2	Jam 3	Jam 4	Jam 5	Jam 6	Jam 7	Je
Gen 1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gen 2	1	1	1	1	1	1	1	1
Gen 3	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 4	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 5	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 6	1	1	1	1	1	1	1	1
Gen 7	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 8	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 9	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 10	1	1	1	1	1	1	1	1
Gen 11	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 12	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 13	0	0	0	0	0	0	0	0

Save Table

Close

Gambar 4.9. Kombinasi penjadwalan WGA 27 juli 2005

Dengan beban penjadwalan yang optimal sebagai berikut:

Hasil Perhitungan

Perjadualan Optimal | **Pembebanan Optimal** | Final Result | Pembebanan Aktual | Grafik

	Jam 1	Jam 2	Jam 3	Jam 4	Jam 5	Jam 6	Jam 7	Je
Gen 1	225	225	225	225	225	225	225	225
Gen 2	225	225	225	225	225	225	225	225
Gen 3	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 4	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 5	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 6	250	250	250	250	250	250	250	250
Gen 7	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 8	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 9	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 10	250	250	250	250	250	250	250	250
Gen 11	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 12	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 13	0	0	0	0	0	0	0	0

Save Table

Close

Gambar 4.10. Beban penjadwalan WGA 27 juli 2005

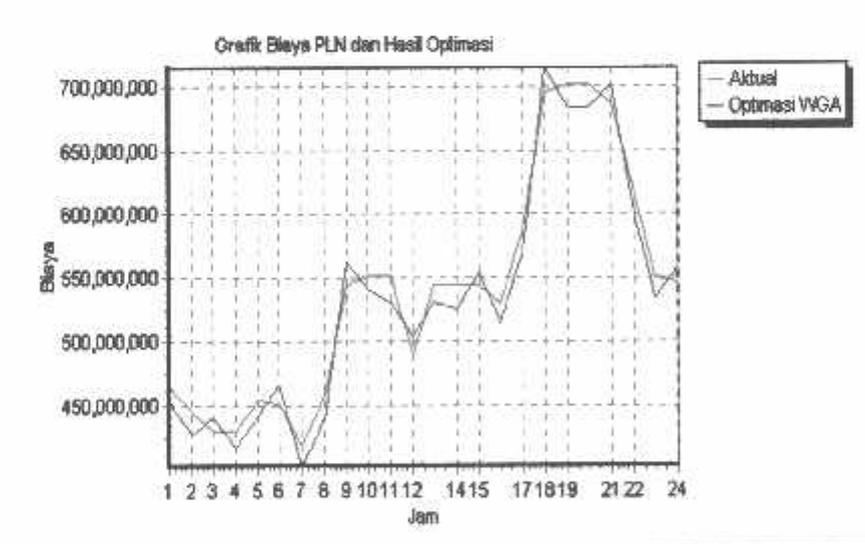
Hasil final result perbandingan perhitungan biaya antara penjadwalan PT.

PJB dan WGA

Hasil Perhitungan			
Penjadwalan Optimal			
Pembebanan Optimal			
Final Result			
Pembebanan Aktual			
Grafik			
	Biaya UC	Biaya PLN	Selish Biaya
1	452,161,248	464,544,480	12,383,232
2	427,196,628	445,152,537	17,955,909
3	441,522,665	429,890,280	-11,632,405
4	417,789,759	429,890,280	12,100,481
5	441,923,362	454,392,306	12,468,924
6	465,655,327	450,703,396	-14,951,931
7	402,455,770	418,029,154	15,573,384
9	439,936,020	457,160,966	17,224,946
9	562,476,690	544,211,424	-18,265,266
10	541,427,430	551,612,015	10,184,585
11	531,716,344	551,612,015	19,895,671
12	504,508,828	490,355,878	-14,152,950
Total Biaya WGA	12,569,663,007	Total Biaya Aktual	12,935,923,475
		Selish Total Biaya	366,060,468
		Waktu Eksekusi	0:0:0:828

Gambar 4.11 . Perbandingan biaya 27 juli 2005

Berikut adalah penjelasan dalam bentuk grafik untuk gambar diatas:



Grafik 4.1.
Grafik Perbandingan Biaya PT. PJB dengan Metode WGA
27 Juli 2005

Dari grafik 4.1 untuk perbandingan biaya perjam unit pembangkit yang beroperasi antara biaya penjadwalan PT. PJB yang garis merah dengan biaya penjadwalan dengan metode WGA yang garis biru dapat disimpulkan bahwa biaya operasi sistem pembangkit dengan menggunakan metode WGA pada hari Rabu, 27 Juli 2005 lebih hemat dibandingkan biaya operasi pada PT. PJB yang dapat dilihat total biaya operasi sistem pembangkit pada tabel 4.5.

Tabel 4.1.
Perbandingan Total Biaya PT. PJB
Dengan Total Biaya WGA Rabu, 27 Juli 2005

Periode Waktu (24 jam)	Total Biaya PT. PJB (Rupiah)	Total Biaya WGA (Rupiah)
27 Juli 2005	12.935.923.475	12.569.863.007

4.3.1.2 Analisa Hasil Perhitungan Biaya

Dari proses eksekusi program WGA pada kasus beban hari Rabu 27 Juli 2005 untuk 37 unit yang beroperasi diperoleh **Rp. 12.569.863.007,00** sementara biaya total operasi PLN adalah **Rp 12.935.923.475,00**. Tampak bahwa antara total biaya operasional yang dikeluarkan oleh PT. PJB dengan hasil optimasi dengan metode WGA terdapat perbedaan selisih biaya, dimana hasil yang diperoleh dari optimasi dengan metode WGA menghasilkan penghematan dengan selisih **Rp 366.060.468,00** sehingga tujuan utama optimasi terpenuhi. Adapun besar prosentase keuntungan yang diperoleh adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Profit \%} &= \frac{\text{Total Biaya Operasi PLN} - \text{Total Biaya Operasi UC}}{\text{Total Biaya Operasi PLN}} \times 100\% \\
 &= \frac{12.935.923.415 - 12.569.863.007}{12.935.923.415} \times 100\% \\
 &= 2,83 \%
 \end{aligned}$$

4.3.2 Untuk Beban Hari Sabtu, 30 Juli 2005

4.3.2.1 Tampilan Program

Berikut adalah data beban penjadwalan per jam pada tiap pembangkit pada hari Sabtu, 30 juli 2005 PT PJB. :

	Jam 1	Jam 2	Jam 3	Jam 4	Jam 5	Jam 6	Jam 7
Unit 1	360	360	360	360	360	350	300
Unit 2	360	350	360	360	360	300	250
Unit 3	0	0	0	0	0	0	0
Unit 4	0	0	0	0	0	0	0
Unit 5	0	0	0	0	0	0	0
Unit 6	400	325	300	300	400	325	250
Unit 7	0	0	0	0	0	0	0
Unit 8	0	0	0	0	0	0	0
Unit 9	0	0	0	0	0	0	0
Unit 10	0	0	0	0	0	0	0
Unit 11	0	0	0	0	0	0	0
Unit 12	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 4.12. Beban penjadwalan PT. PJB Sabtu, 30 juli 2005

Solusi optimal kombinasi penjadwalan berdasarkan perhitungan metode

WGA pada hari Sabtu, 30 juli 2005 dijelaskan pada gambar berikut:

	Jam 1	Jam 2	Jam 3	Jam 4	Jam 5	Jam 6	Jam 7	Je
Gen 1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gen 2	1	1	1	1	1	1	1	1
Gen 3	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 4	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 5	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 6	1	1	1	1	1	1	1	1
Gen 7	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 8	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 9	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 10	1	1	1	1	1	1	1	1
Gen 11	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 12	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 13	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 4.13. Kombinasi penjadwalan WGA 30 juli 2005

Dengan pembebanan optimal tiap jam sebagai berikut:

	Jam 1	Jam 2	Jam 3	Jam 4	Jam 5	Jam 6	Jam 7	Je
Gen 1	341	255	225	225	313	225	225	225
Gen 2	341	255	225	225	313	225	225	225
Gen 3	53	0	0	0	53	53	53	53
Gen 4	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 5	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 6	250	250	250	250	250	250	250	250
Gen 7	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 8	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 9	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 10	250	250	250	250	250	250	250	250
Gen 11	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 12	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 13	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 4.14. Beban penjadwalan WGA 30 juli 2005

Hasil final result perbandingan perhitungan biaya antara penjadwalan PT.

PJB dan WGA

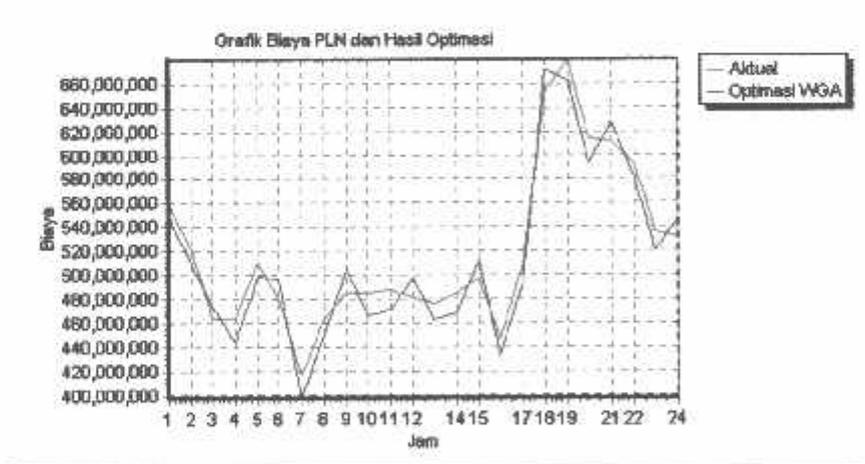
7 Hasil Perhitungan			
Penjadwalan Optimal			
	Biaya UC	Biaya PLN	Seisih Biaya
1	545.695.002	557.999.434	12.363.232
2	503.126.189	521.062.098	17.955.909
3	474.884.676	463.252.271	-11.632.405
4	451.151.790	463.252.271	12.100.481
5	498.582.731	511.051.655	12.468.924
6	495.432.773	480.480.842	-14.951.931
7	400.367.012	415.960.396	15.573.384
8	446.470.574	463.695.520	17.224.946
9	503.960.954	485.635.698	-18.265.256
10	475.511.103	485.635.698	10.184.595
11	468.750.690	488.646.361	19.895.671
12	454.914.594	480.761.644	-14.152.950

Total Biaya WGA	Total Biaya Aktual	Seisih Total Biaya	Waktu Eksekusi
12.331.078.328	12.449.683.075	118.504.747	0:01:47

Save Table
WGA
Close

Gambar 4.15. Perbandingan Biaya 30 juli 2005

Penjelasan grafik dari data pada tabel diatas adalah sebagai berikut:



Grafik 4.2.
Kurva Perbandingan Biaya PT. PJB dengan Metode WGA
30 Juli 2005

Dari grafik 4.2 untuk perbandingan biaya perjam unit pembangkit yang beroperasi antara biaya penjadwalan PT. PJB yang garis merah dengan biaya penjadwalan dengan metode WGA yang garis biru dapat disimpulkan bahwa biaya operasi sistem pembangkit dengan menggunakan metode WGA pada hari Rabu, 30 Juli 2005 lebih hemat dibandingkan biaya operasi pada PT. PJB yang dapat dilihat total biaya operasi sistem pembangkit pada tabel 4.6.

Tabel 4.2.
Perbandingan Total Biaya Aktual
Dengan Total Biaya Optimasi 30 Juli 2005

Periode Waktu (24 jam)	Total Biaya PT. PJB (Rupiah)	Total Biaya WGA (Rupiah)
30 Juli 2005	12.449.683.075	12,331,078,328

4.3.2.2 Analisa Hasil Perhitungan Biaya

Dari proses eksekusi program WGA pada kasus beban hari Sabtu 30 Juli 2005 untuk 37 unit yang beroperasi diperoleh **Rp. 12.331.078.328,00** sementara biaya total operasi PLN adalah **Rp 12.449.683.075,00**. Tampak bahwa antara total biaya operasional yang dikeluarkan oleh PT. PJB dengan hasil optimasi dengan metode WGA terdapat perbedaan selisih biaya, dimana hasil yang diperoleh dari optimasi dengan metode WGA menghasilkan penghematan dengan selisih **Rp 118.604.750,00** sehingga tujuan utama optimasi terpenuhi. Adapun besar prosentase keuntungan yang diperoleh adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Profit \%} &= \frac{\text{Total Biaya Operasi PLN} - \text{Total Biaya Operasi UC}}{\text{Total Biaya Operasi PLN}} \times 100\% \\
 &= \frac{12.449.683.075 - 12.331.078.328}{12.449.683.075} \times 100\% \\
 &= 0,95 \%
 \end{aligned}$$

4.3.4 Analisa Data 31 Juli 2005

4.3.4.1. Tampilan Program

Berikut adalah data beban penjadwalan per jam pada tiap pembangkit pada tanggal 31 juli 2005 PT PJB.

Variable Kontrol	Data Spesifikasi Pembangkit				Data Pembebanan			Data Aktual Penjadwalan			
	Jam 1	Jam 2	Jam 3	Jam 4	Jam 5	Jam 6	Jam 7				
Unit 1	360	360	360	360	360	360	296				
Unit 2	360	360	360	360	360	360	296				
Unit 3	0	0	0	0	0	0	0				
Unit 4	0	0	0	0	0	0	0				
Unit 5	0	0	0	0	0	0	0				
Unit 6	300	250	250	250	300	325	250				
Unit 7	0	0	0	0	0	0	0				
Unit 8	0	0	0	0	0	0	0				
Unit 9	0	0	0	0	0	0	0				
Unit 10	0	0	0	0	0	0	0				
Unit 11	0	0	0	0	0	0	0				
Unit 12	0	0	0	0	0	0	0				

Gambar 4.16. Beban penjadwalan PT. PJB 31 juli 2005

Solusi optimal kombinasi penjadwalan berdasarkan perhitungan metode WGA pada hari Sabtu, 31 juli 2005 dijelaskan pada gambar berikut:

	Jam 1	Jam 2	Jam 3	Jam 4	Jam 5	Jam 6	Jam 7	Jc
Gen 1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gen 2	1	1	1	1	1	1	1	1
Gen 3	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 4	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 5	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 6	1	1	1	1	1	1	1	1
Gen 7	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 8	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 9	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 10	1	0	0	0	0	1	1	1
Gen 11	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 12	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 13	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 4.17. Kombinasi Penjadwalan WGA 31 juli 2005

Dengan pembebanan optimal tiap jam sebagai berikut:

	Jam 1	Jam 2	Jam 3	Jam 4	Jam 5	Jam 6	Jam 7	Jc
Gen 1	242	225	225	225	225	225	225	225
Gen 2	242	225	225	225	225	225	225	225
Gen 3	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 4	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 5	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 6	250	250	250	250	250	250	250	250
Gen 7	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 8	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 9	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 10	250	0	0	0	0	250	250	250
Gen 11	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 12	0	0	0	0	0	0	0	0
Gen 13	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 4.18. Beban Penjadwalan WGA 31 juli 2005

Hasil final result perbandingan perhitungan biaya antara penjadwalan PT.

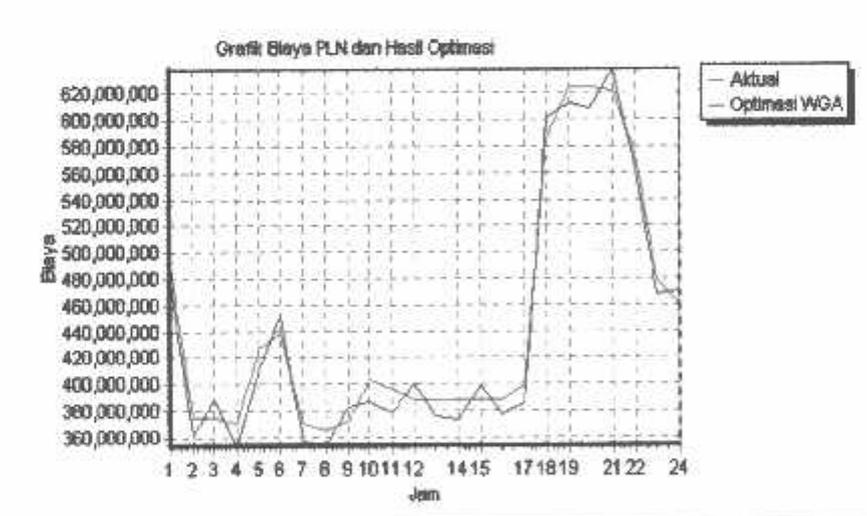
PJB dan WGA

7 Hasil Perhitungan			
	Penjadwalan Optimal	Pembebanan Optimal	Final Result
	Biaya UC	Biaya PLN	Selish Biaya
1	472.219.522	490.175.431	17.955.909
2	362.764.388	374.416.793	11.652.405
3	386.517.274	374.416.793	-12.100.481
4	368.633.455	371.102.378	12.468.924
5	412.465.826	427.417.757	14.951.931
6	454.074.951	438.601.557	-15.573.394
7	353.767.315	370.992.251	17.224.936
8	346.759.989	365.055.255	18.265.266
9	362.533.355	372.448.770	-10.184.595
10	363.116.879	403.012.550	19.895.671
11	361.476.096	395.629.036	14.152.950
12	400.341.090	386.245.522	-12.095.568
Total Biaya WGA		Total Biaya Aktual	Selish Total Biaya
11.918.456.801		12.131.293.714	212.836.913
			Waktu Eksekusi
			00:1:344

Save Table
WGA
Close

Gambar 4.19. Perbandingan Biaya 31 juli 2005

Grafik untuk distribusi data pada tabel diatas adalah sebagai berikut:



Grafik 4.3.
Kurva Perbandingan Biaya PT. PJB dengan Metode WGA
31 Juli 2005

Dari grafik 4.3 untuk perbandingan biaya perjam unit pembangkit yang beroperasi antara biaya penjadwalan PT. PJB yang garis merah dengan biaya penjadwalan dengan metode WGA yang garis biru dapat disimpulkan bahwa biaya operasi sistem pembangkit dengan menggunakan metode WGA pada hari Rabu, 31 Juli 2005 lebih hemat dibandingkan biaya operasi pada PT. PJB yang dapat dilihat total biaya operasi sistem pembangkit pada tabel 4.7.

Tabel 4.3.
Perbandingan Total Biaya Aktual
Dengan Total Biaya Optimasi 31 Juli 2005

Periode Waktu (24 jam)	Total Biaya PT. PJB (Rupiah)	Total Biaya WGA (Rupiah)
31 Juli 2005	12.131.293.714	11.918.456.801

4.3.4.2 Analisa Hasil Perhitungan Biaya

Dari proses eksekusi program WGA pada kasus beban hari Minggu 31 Juli 2005 untuk 37 unit yang beroperasi diperoleh Rp. 11.918.456.801,00 sementara biaya total operasi PLN adalah Rp 12.131.293.714,00. Tampak bahwa antara total biaya operasional yang dikeluarkan oleh PT. PJB dengan hasil optimasi dengan metode WGA terdapat perbedaan selisih biaya, dimana hasil yang diperoleh dari optimasi dengan metode WGA menghasilkan penghematan dengan selisih Rp 212.836.913,00 sehingga tujuan utama optimasi terpenuhi. Adapun besar prosentase keuntungan yang diperoleh adalah:

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisa dan perhitungan pada penjadwalan pembangkit dengan menggunakan metode *Warkshall Genetic Algorithm* pada Skripsi ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Bahwa pendekatan metode WGA untuk *study* kasus ini memiliki persentase keuntungan tanggal 27 juli 2005 sebesar 2,83%, dan untuk tanggal 30 juli 2005 memiliki persentase sebesar keuntungan 0.95 dari biaya , sedangkan untuk tanggal 31 juli 2005 sebesar 1,75%. dan beberapa unit yang mengalami *Shut Down* atau tidak beroperasi antara lain: hari Rabu, 27 Juli adalah Unit 23, 30, dan 31, untuk hari Sabtu, 31 Juli 2005 adalah unit 23, 30 dan untuk hari Minggu adalah unit 21, 22, 23.
2. Waktu proses yang dibutuhkan untuk proses perhitungan relatif cepat dengan rincian, pada tanggal 27 juli 2005 1 detik 870 milidetik, tanggal 30 juli 2005 2 detik 200 milidetik, sedangkan pada tanggal 31 juli 2005 2 detik 690 milidetik.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut diharapkan pemodelan dengan metode ini dapat dikombinasikan dengan metode yang lain serta beban-beban yang lebih beragam agar hasil pendekatan lebih akurat dan realistis untuk sebagai bahan acuan diaplikasi sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Djiteng Marsudi, "**Operasi Sistem Tenaga Listrik**", Balai Penerbit dan Humas ISTN, Jakarta, 1994.
 2. Allan J Wood and Bruce F Wollenberg, "**Power Generation Operation and Control**", John Willy, Second edition, 1996.
 3. K. S. Swarup and S. Yamashiro, "**Unit Commitment Solution Methodology Using Warkshall Genetic Alogarithm (WGA)**", IEEE Transaction on Power System, Vol 17, No 1, Feb.2005.
 4. Weerakorn Ongsakul and Nit Petcharaks "**Unit Commitment by Enhanced Adaptive Lagrange Relaxation**", IEEE Transactions On Power System, Vol. 19, No. 1, February 2004
 5. Kusuma, Sri, "**Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)**", Graha Ilmu Yogyakarta, 2003.
 6. Jek Siang, Jong, "**Matematika Diskrit Dan Aplikasinya Pada Ilmu Komputer**", Andi Yogyakarta,2002.
-

LAMPIRAN 1



DATA PENAWARAN
PT PLN PEMBANGKITAN JAWA BALI
AGUSTUS 2002

No.	NAMA PEMBANGKIT	KAPASITAS			LAMA WAKTU (JAM)			BIAYA START UP (JUTA Rp)		KOEFISIEN BIAYA BAHAN BAKAR		
		Days Terpassing (hrnt)	MIN (MW)	MAX (MW)	MIN UP TIME	MIN DOWN TIME	MIN START UP	COLD START UP	HOT START UP	#0	#1	#2
1	UP. PAITON	2 x 400	225	370	72	48	17	4	149,88	3244878	111712,15	10,2971
2	UP. GRESIK											
	GT 1-9 OC (GAS)	9 x 117	53	102	36	10	1	0	7,82	5487532,4	217983,548	34,155
	CC - 1.1.1 (GAS)		115	143	36	10	3	1	57,88	10608203,3	72527,004	368,874
	CC - 2.2.1 (GAS)		104	314	36	10	3	2	65,5	11785770,8	152515,737	6,831
	CC - 3.3.1 (GAS)	3 x 526	250	480	36	10	3	2	73,32	17177480,3	145185,581	4,554
	PLTU # 1/2 (GAS)	100	43	85	48	10	9	1	143,74	1327128,88	217378,339	132,098
	PLTU # 3/4 (GAS)	200	90	175	48	10	9	2	229,5	5017369,5	188242,579	183,545
	PLTG GRESIK 1-3 (GAS)	3 x 20	5	18	3	1	1	0	6,13	352707,3	350880,77	903,969
	PLTG GULTIMUR 1-2 (HSD)	2 x 20	5	15	3	1	1	0	6,33	607181,85	683240,985	1782,3853
3	UP. MUARA KARANG											
	GT 1/2/3 - OC	3 x 107	50	95	36	10	1	0	7,35	5730785	202052,87	108,045
	CC - 1.1.1 (GAS)	153	110	150	36	10	3	1	54,22	11560815	53885,135	480,845
	CC - 2.2.1 (GAS)	317	200	300	36	10	3	2	81,57	16010064	127208,655	35,28
	CC - 3.3.1 (GAS)	508	300	485	36	10	3	2	88,92	31017735	87825,15	57,33
	MTW GT 1/2 - OC (HSD)	2 x 140	72	138	36	10	0	0	0	14706521,25	433337,8	49,4805
	MTW CC - 1.1 (HSD)	200	162	202	36	10	3	1	64,4	872630	144191,717	519,1757
	MTW CC - 2.2 (HSD)	420	210	403	36	10	3	2	80,42	30123040	303208,82	11,84715
	MTW CC - 3.3 (HSD)	640	315	605	36	10	3	2	96,42	43043399	288809,985	7,8584
	PLTU # 1/2/3 (MFC)	3 x 100	44	85	48	10	6	1	122,58	2417820,7	473895,41	120,77835
	PLTU # 4/5 (Gas)	2 x 200	90	165	48	10	11	2	215,34	2949187,5	205217,145	83,79

Catatan :
 Harga Batubara
 Harga MFO
 Harga HSD
 Harga Gas UP, Gresik
 Harga Gas UP, M.Karang
 Nilai Tukar

253 Rp/Kg
 1596,5 Rp/liter
 1596,5 Rp/liter
 2,53 US\$/MMBTU
 2,45 US\$/MMBTU
 9000 Rp/US\$

	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	Posa 2
PLTU MKRNGJCC	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
MKRNGJCC	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
MKRNGJCC	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
MKRNGJCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MKRNGJCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MKRNGJCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MKRNGJCC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLTU MKRNG #1	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
PLTU MKRNG #2	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
PLTU MKRNG #3	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
PLTU MKRNG #4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLTU MKRNG #5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLTU MTWAR10C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MTWAR10C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MTWAR20C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MTWAR10C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MTWAR10C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MTWAR10C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MTWAR10C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MTWAR10C	500	500	550	550	550	550	550	550	550	550	550
MTWAR GT 2.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MTWAR GT 2.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLTG MTWAR #3.1	60	140	120	80	80	40	40	40	40	40	40
PLTG MTWAR #3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLTG MTWAR #3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLTG MTWAR #4.1	60	140	120	80	80	40	40	40	40	40	40
PLTG MTWAR #4.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLTG MTWAR #4.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLTP GULAK #4.4.5	183	183	183	183	183	183	183	183	183	183	183
PLTU KRAMBATAN Steel	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
(*) Pembangkitan Area-1	5078	5220	5118	5019	5018	4814	4814	4784	4896	5278	5578
(**) Debaran Area-1	5072	5196	5098	5024	5107	4853	5001	4915	5040	5688	6038
Salisih (** - *)	3	90	21	-5	48	-130	-182	-181	-144	-109	-60
Cadangan Sevelika	34	3	58	54	54	83	83	82	87	40	26
Cadangan P. 1.1.1.7	894	44	114	114	114	114	114	114	114	114	114

PEMBELIAN DARI LUAR PLN

(*) Pembangkitan Area-1
 (**) Debaran Area-1
 Salisih (** - *)
 Cadangan Sevelika
 Cadangan P. 1.1.1.7

LAMPIRAN 2



PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang betanda tangan dibawah ini :

Nama : M. SIDIK MAHANDA
NIM : 0212086
Semester : IX (SEMBILAN)
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Elektronika / Teknik Energi Listrik
Alamat : JOYO ASRI AA/NO 2 MALANG

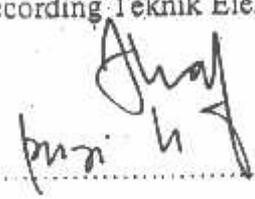
Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat **SKRIPSI Tingkat Sarjana**. Untuk melengkapi permohonan tersebut, bersama kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

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


.....

Malang,200

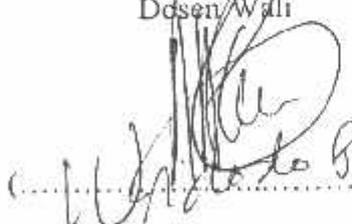
Pemohon


.....
M. SIDIK M

Disetujui
Ketua Jurusan Teknik Elektro


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

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

1. IPK $396.5 / 130 = 3.05$
2.
3. - MR men-pro

praktikum }
PKM } belum program
Seminar }
SKRIPSI }

Form: S-1a



FORMULIR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO/T. ENERGI LISTRIK S-1

1.	Nama Mahasiswa : M. SIDIK MALIANDA	Nim : 0212081		
2.	Waktu Pengajuan :	Tanggal	Bulan	Tahun
3.	Spesifikasi Judul *)			
	a. Sistem Tenaga Elektrik	d. Sistem Kendali		
	b. Mesin-Mesin Elektrik & Elda	e. Teknik Tegangan Tinggi		
	c. Sistem Pemb.Energi Elektrik	f. Lainnya		
4.	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Kelompok Dosen Keahlian **)		Ketua Jurusan,	
	<i>F. Yusuf Ismail M, MT</i>		 Ir. F. Yudi Limpraptono, MT Nip. Y. 1039500274	
5.	Judul yang diajukan mahasiswa	IMPLEMENTASI METODE WARKSHAL HYBRID GENETIC ALGORITHM PADA PENJADWALAN UNIT PEMBANGKIT THERMAL		
6.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian	Komitmen Unit Pembangkit Termal menggunakan Metode Hybrid Warkshall Algorithm di PT. PJB.		
7.	Catatan : <i>Data dari PJB terbaru.</i>			
8.	Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Kelompok Dosen Keahlian		Disetujui, Kelompok Dosen Keahlian Ir. Yusuf Ismail M, MT Tanggal <i>18-11-2006</i>	

Perhatian :

1. Formulir Pengajuan ini harap dikembalikan ke Jurusan paling lambat *satu minggu* setelah disetujui Kelompok Dosen Keahlian dengan dilampirkan Proposal Skripsi beserta persyaratan Skripsi sesuai **Form. S-1**.
2. *) diingkari a, b, c, ...atau f, sesuai bidang Keahlian.
3. **) diisi oleh Jurusan.

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura
MALANG

Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak Ir. Choirul Saleh, MT
Dosen Institut teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Sidik Mahanda
Nim : 02.12.086
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama, untuk penyusunan Skripsi dengan judul:

KOMITMEN UNIT PEMBANGKIT TERMAL
MENGUNAKAN METODE HYBRID WARKSHALL
ALGORITHM DI PT. PJB

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

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

Malang, November 2006

Ketua
Jurusan Teknik Elektro


Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
Nip. 1039500274

Hormat kami,


M. Sidik Mahanda

Form S - 3a

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigitum-gara
MALANG

Lampiran : I (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. Bapak Ir. Djojo Priatmono, MT
Dosen Institut teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Sidik Mahanda
Nim : 02.12.086
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama, untuk penyusunan Skripsi dengan judul:

KOMITMEN UNIT PEMBANGKIT TERMAL
MENGUNAKAN METODE HYBRID WARKSHALL
ALGORITHM DI PT. PJB

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

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

Malang, November 2006

Ketua
Jurusan Teknik Elektro


Ir. E. Yudi Limpraptono, MT
Nip. 1039500274

Hormat kami,


M. Sidik Mahanda

Form S - 3a

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

Nama : M. Sidik Mahanda

Nim : 02.12.086

Semester : IX

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

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

**KOMITMEN UNIT PEMBANGKIT TERMAL
MENGUNAKAN METODE HYBRID WARKSHALL
GENETIC ALGORITHM DI PT. PJB**

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang, November 2006
Kami yang membuat pernyataan,



Ir. Choirul Saleh, MT
Nip.P. 101. 0870 0190

Catatan :
Setelah disetujui agar formulir ini
Diserahkan mahasiswa/i yang bersangkutan
Kepada Jurusan untuk diproses lebih lanjut

Form S - 3b

PERNYATAAN KESEDIAAN DALAM PEMBIMBINGAN SKRIPSI

Sesuai permohonan dari mahasiswa :

Nama : M. Sidik Mahanda

Nim : 02.12.086

Semester : IX

Jurusan : Teknik Elektro S-1

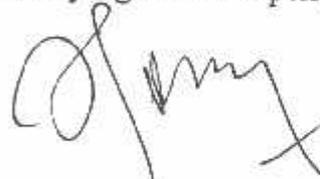
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

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

**KOMITMEN UNIT PEMBANGKIT TERMAL
MENGUNAKAN METODE HYBRID WARKSHALL
GENETIC ALGORITHM DI PT. PJB**

Demikian surat pernyataan ini kami buat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Malang, November 2006
Kami yang membuat pernyataan,



Ir. Djojo Priatmono, MT
Nip. Y. 101.850.0107

Catatan :
Setelah disetujui agar formulir ini
Diserahkan mahasiswa/i yang bersangkutan
Kepada Jurusan untuk diproses lebih lanjut

Form S - 3b



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

NI (PERSERO) MALANG
ANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN-1954/I.TA/2/06
Lampiran : -
Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**
Kepada : Yth. Sdr. Ir. H. CHOIRUL SALEH, MT (Pemb. I)

Malang, 13 Des. 2006

Dosen Pembimbing
Jurusan T. Elektro S-1
di
Malang

Dengan hormat
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam proposal skripsi untuk mahasiswa :

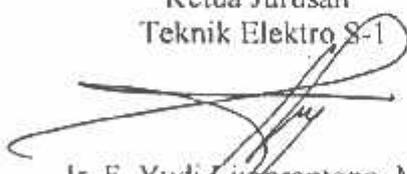
Nama : M. SIDIK MAHANDA
Nim : 0212086
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : T. Energi Listrik

Maka dengan ini pembimbing tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/I selama masa waktu 6 (enam) bulan, terhitung mulai tanggal :

04 Des. 2006 s/d 04 Juni 2007

Sebagai satu syarat untuk menempuh Ujian Sarjana Teknik,
Jurusan Teknik Elektro S-1
Demikian atas perhatian serta kerjasama yang baik kami sampaikan terima kasih.

Ketua Jurusan
Teknik Elektro S-1


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

Tembusan Kepada Yth:
1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip

Form S-4a



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN-1955/LTA/2/06
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Malang, 13 Des 2006

Kepada : Yth. Sdr. Ir. **DJOJO PRIATMONO, MT (Pemb. II)**

Dosen Pembimbing
Jurusan T. Elektro S-1
di
Malang

Dengan hormat
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam proposal skripsi untuk mahasiswa :

Nama : M. SIDIK MAHANDA
Nim : 0212086
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : T. Energi Listrik

Maka dengan ini pembimbing tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/I selama masa waktu 6 (enam) bulan, terhitung mulai tanggal :

04 Des. 2006 s/d 04 Juni 2007

Sebagai satu syarat untuk menempuh Ujian Sarjana Teknik,
Jurusan Teknik Elektro S-1
Demikian atas perhatian serta kerjasamanya yang baik kami sampaikan terima kasih.



Ketua Jurusan
Teknik Elektro S-1

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

Tembusan Kepada Yth:

1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip

Form S-4a

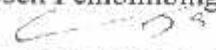


FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : M. Sidik Mahanda
Nim : 02.12.086
Masa Bimbingan : 4 Desember 2006 s/d 4 Juni 2007
Judul Skripsi : Komitmen Unit Pembangkit Termal Menggunakan Metode Hybrid Warkshall Genetic Algorithm Di PT. PJB

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	14/12	Par I. Gambar yang benar	CS
2.		Par II. Si el rai bimbing	
3.	15/12	Par II. Gambar benar	CS
4.	20/12	Par III. Si pembangkit termal	CS
5.		Par IV. 1	
6.	15/12	Par IV. Kurva tabel 4-7	
7.		Par IV. Gambar tabel 4-1	CS
8.		- Analisis grafiknya - Untuk kesimpulan	
9.	17/01	Ace bagian lampiran	CS
10.			

Malang,
Dosen Pembimbing I


Ir.H. Choirul Saleh, MT
Nip.P. 101. 0870 0190

Form S 4b

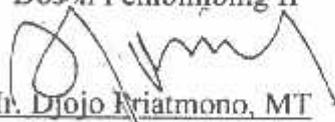


FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : M. Sidik Mahanda
Nim : 02.12.086
Masa Bimbingan : 4 Desember 2006 s/d 4 Juni 2007
Judul Skripsi : Komitmen Unit Pembangkit Termal Menggunakan Metode Hybrid Warkshall Genetic Algorithm Di PT. PJB

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	29/12/06	Konsultasi Bab I - Bab II, perincian BAB II	
2.	20/01/07	Acc Bab I, II	
3.	29/01/07	Bab III Perbaikan	
4.	23/01/07	Acc Bab III	
5.	5/02/07	Konsultasi Bab IV Perbaikan	
6.	18/02/07	Acc Bab IV, V	
7.	19/03/07	Acc Bab V, Kesimpulan	
8.			
9.			
10.			

Malang,
Dosen Pembimbing II

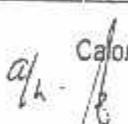

Ir. Djojo Priatmono, MT
Nip. Y. 101.850.0107

Form S - 4b



BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika*)

1.	Nama Mahasiswa: <u>M. SIDIK MAHANDA</u>		Nim: <u>022086</u>	
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat
	Pelaksanaan			Ruang:
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)				
3.	<input checked="" type="checkbox"/> a. Sistem Tenaga Elektrik		<input type="checkbox"/> e. Elektronika & Komponen	
	<input type="checkbox"/> b. Energi & Konversi Energi		<input type="checkbox"/> f. Elektronika Digital & Komputer	
	<input type="checkbox"/> c. Tegangan Tinggi & Pengukuran		<input type="checkbox"/> g. Elektronika Komunikasi	
	<input type="checkbox"/> d. Sistem Kendali Industri		<input type="checkbox"/> h. lainnya	
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	<u>KOMITMEN PEMBANGKIT TERMAL MENGGUNAKAN METODE HYBRID WAKUHAL GENETIC ALGORITMA DI PT. PJB</u>		
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian		
6.	Catatan:			
			
Persetujuan Judul Skripsi				
Disetujui, Dosen Keahlian I		Disetujui, Dosen Keahlian II		
			
Mengetahui, Ketua Jurusan		Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs		
				
<u>Ir. F. Yudi Limpraptono, MT</u> NIP. P. 1039500274		<u>Ir. Chorol Sabu, MT</u>		

Catatan:

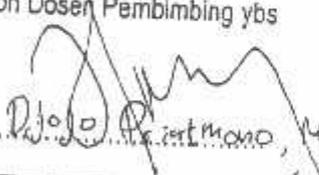
1. Keterangan: *) Coret yang tidak perlu

**) dilingkari a, b, c, atau g sesuai bidang keahlian



BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika*)

1.	Nama Mahasiswa: <u>M. SIDIK MAHANDA</u>	Nim: <u>022086</u>
2.	Keterangan	Tanggal
	Pelaksanaan	<u>A - 12 - 2006</u>
		Waktu
		Tempat
		Ruang:
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)		
3.	<input checked="" type="checkbox"/> a. Sistem Tenaga Elektrik	<input type="checkbox"/> e. Elektronika & Komponen
	<input type="checkbox"/> b. Energi & Konversi Energi	<input type="checkbox"/> f. Elektronika Digital & Komputer
	<input type="checkbox"/> c. Tegangan Tinggi & Pengukuran	<input type="checkbox"/> g. Elektronika Komunikasi
	<input type="checkbox"/> d. Sistem Kendali Industri	<input type="checkbox"/> h. lainnya
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	<u>KOMITMEN PEMBANGKIT TERMAL MENGGUNAKAN METODE HYBRID WAPSHALL GENETIC ALGORITHM DI PT. PJB</u>
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian
6.	Catatan:
	Catatan:
Persetujuan Judul Skripsi		
7.	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II
	
	Mengetahui, Ketua Jurusan.	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs
	 <u>Ir. F. Yudi Limprapono, MT</u> NIP. P. 1039500274	 <u>Ir. Djoko Priestmono, MT</u>

hatian:

1. Keterangan: *) Coret yang tidak perlu

**) dilingkari a, b, c, atau g sesuai bidang keahlian

Form S-3c



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

T. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN- 502 /III.TA-2/2/06
Lampiran : -
Perihal : Survey

Malang, 29 Nopember 2006

Kepada : Yth. Pimpinan
PT. Pembangkitan Jawa - Bali
Jl. Ketintang Baru No. 11
Di - Surabaya

Bersama ini dengan hormat kami mohon kebijaksanaan Saudara agar Mahasiswa kami dari Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Energi Listrik dapat diijinkan untuk melaksanakan survey pada perusahaan yang saudara pimpin untuk mendapatkan data - data guna penyusunan Skripsi dengan Judul : Komitmen Unit Pembangkit Termal Menggunakan Metode Hybrid Warkshall Genetic Algorithm Di PT. PJB

Mahasiswa tersebut Adalah :

M Sidik Mahanda Nim. 02.12.086

Adapun lamanya Survey adalah : 30 Hari

Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan terima kasih.



Ir. Mochtar Asroni, MSME
Nip. Y.1018100036



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 : M. SIDIK M.
NIM : 0212086
Perbaikan meliputi :

Berikan Validasi pra-ran.

Ma'ang,

(
Eko N)



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 : M. Sidik H
NIM : 0212086
Perbaikan meliputi :

- Abstrak.

- hal 1

Perbaikan hal 26-37 Lt BAF II

Malang,

(_____)