ECONOMIC DISPATCH MENGGUNAKAN *ARTIFICIAL BEE COLONY* DENGAN SISTEM *IEEE*-24 BUS

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1

Disusun oleh:
Annisa Nurdelia
14524131

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
2018

LEMBAR PENGESAHAN

***Economic Dispatch* Menggunakan *Artificial Bee Colony* dengan Sistem *IEEE*-24 Bus**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh:

Annisa Nurdelia
14524131

Yogyakarta, 1 September 2018

Menyetujui,

Pembimbing 1	Pembimbing 2
Firmansyah Nur Budiman, S.T., M.Sc.	**Dwi Ana Ratnawati, S.T.,M.Eng.**
NIK: 145240501	**NIK: 035240102**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

***Economic Dispatch* Menggunakan *Artificial Bee Colony* dengan Sistem *IEEE*-24 Bus**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Annisa Nurdelia

14524131

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 23 Oktober 2018

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Firmansyah Nur Budiman, S.T., M.Sc., _____

Anggota Penguji 1: Setyawan Wahyu Pratomo, ST, MT., _____

Anggota Penguji 2: Elvira Sukma Wahyuni, S.Pd.,M.Eng., _____

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 23 Oktober 2018

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Yusuf Aziz Amrullah, S.T.,M.Sc.,Ph.D

NIK: 045240101

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 1 September 2018



Annisa Nurdelia

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr. Wb

Alhamdulillahi Robbil' Alamin, segala puja, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT serta junjungan kita Nabi Muhammad SAW dan sahabat-sahabatnya. Penulis dapat menyusun dan menyelesaikan laporan skripsi ini sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Elektro pendidikan Strata Satu (S1) Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia (UII).

Penulis sadar bahwa segala hal tiada yang sempurna, termasuk laporan ini tidak mampu diselesaikan atas dasar kemampuan diri sendiri sehingga dalam penulisan laporan ini penulis banyak mendapatkan pelajaran, bantuan, dan dukungan selama mengerjakan laporan dari berbagai pihak untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Allah SWT, yang selalu memberikan rahmat, karunia dan ridho-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Orang Tua tercinta Ibu Cicilia Niken Kusworini, S.Pd dan Ayah Catur Rujito (Alm) atas dukungan dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini.
3. Bapak Firmansyah Nur Budiman, S.T.,M.Sc dan Ibu Dwi Ana Ratnawati, S.T.,M.Eng. selaku dosen pembimbing skripsi, yang telah meluangkan waktu dan memberikan bantuan sehingga dapat terselesaikan skripsi ini.
4. Bapak Yusuf Aziz Amrullah, S.T.,M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro, terima kasih atas bimbingan selama menempuh kuliah dari semester awal hingga akhir di Jurusan Teknik Elektro.
6. Jatmiko Jati Kusumo, yang membantu mengajari pembuatan coding MATLAB.
7. Sahabat-sahabatku Astri Dianingrum, Nita Lufiana H, dan Anisa Rani U terimakasih banyak atas keceriaannya, kebersamaan ketika susah maupun senang. Selalu menghibur penulis dalam mengerjakan skripsi ini.
8. Saudara-saudaraku keluarga besar Teknik Elektro UII pada umumnya dan khususnya keluarga besar Teknik Elektro UII angkatan 2014, terimakasih banyak atas kenangan, bantuan, dan kebersamaannya.
9. Teman-teman KKN UII Unit 267 Magelang-55, terimakasih atas kerjasamanya selama pelaksanaan KKN, terima kasih atas keceriaannya sebagai penghibur penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

10. Dan banyak pihak yang tidak dapat penulis sebutkan seluruhnya yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Adanya kekurangan dalam penulisan skripsi ini karena keterbatasan ilmu yang dimiliki penulis. Kritik dan saran yang membangun sangat dibutuhkan penulis demi kesempurnaan skripsi ini untuk kedepannya. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kita pemahaman ilmu yang bermanfaat.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 1 September 2018

Annisa Nurdelia

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Berikut merupakan daftar lambang dan singkatan yang digunakan dalam skripsi penulis dilengkapi dengan satuannya.

Singkatan	Keterangan
MATLAB	*Matrix Laboratory*
ABC	*Artificial Bee Colony*
ED	*Economic Dispatch*
IEEE	*Institute of Electrical and Electronics Engineering*
$	Satuan Mata Uang
MWh	*Mega Watt Hour*
F_i	Biaya bahan bakar unit *i*
a_i, b_i, dan c_i	Koefisien biaya bahan bakar dari unit *i*
F_t	Total biaya bahan bakar
P_i	Pembangkitan dari unit *i*
N	Jumlah unit pembangkit
$P_{i\,min}$	Batas minimal daya pembangkitan unit *i*
$P_{i\,max}$	Batas maksimal daya pembangkitan unit *i*
i	Masing-masing unit pembangkit
P_D	Total beban pada sistem (MW)
LWR	Light Water Reactor

ABSTRAK

Meningkatnya permintaan energi listrik dan bahan bakar tentu menjadi permasalahan dari sistem tenaga listrik dalam pembangkitan energi listrik. Hal ini karena kesediaan energi listrik yang terbatas sehingga perlu dilakukan perhitungan *Economic Dispatch* (ED). Fungsi dari ED adalah mendapatkan biaya yang seminimal mungkin dengan daya yang tersuplai sama dengan permintaan beban yang diinginkan dan tetap mempertimbangkan batasan pembangkitan tiap unit yaitu batas minimal dan batas maksimal tiap unit pembangkit. Dalam memecahkan masalah ED pada skripsi ini metode optimasi yang digunakan adalah algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC). Algoritma tersebut memecahkan masalah dengan prinsip kerja yang terinsipirasi oleh lebah madu yang mencari sumber makanannya. Diasumsikan dalam ABC masalah ED ini mencari nilai daya *output* terbaik dari semua solusi yang ditemukan secara acak. Parameter yang diperhatikan yaitu koefisien fungsi biaya bahan bakar tiap unit, batasan daya yang dikeluarkan (batas minimal dan batas maksimal), dan beban total selama 24 jam. Simulasi ABC diimplementasikan pada data sistem IEEE 24 bus dengan 26 unit pembangkit termal yang menghasilkan biaya operasi selama 24 jam sebesar 814541 $/Mbtu dengan total daya yang dibangkitkan sebesar 54910 MWh. Hasil yang didapat sudah dianggap biaya operasi paling ekonomis dengan faktor penentunya adalah material mentah yang digunakan tiap unit pembangkit.

Kata Kunci :*Economic Dispatch*, Algoritma *Artificial Bee Colony* (ABC)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN iii
KATA PENGANTAR iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN vi
ABSTRAK vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xi
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 2
1.5 Manfaat Penelitian 2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 3
2.1 Studi Literatur 3
2.2 Tinjauan Teori 4
2.2.1 *Economic Dispatch* (ED) 4
2.2.2 Algoritma *Artificial Bee Colony (ABC)* 6
BAB 3 METODOLOGI 9
3.1 Alur Penelitian 9
3.2 Perancangan Simulasi ED dengan metode ABC 11
3.3 Implementasi Algoritma ABC 12
3.4 Data Sistem IEEE 13

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 17
4.1 Analisa ED menggunakan metode ABC 17
4.2 Hasil Simulasi Beban 24 Jam 25
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 27
4.3 Kesimpulan 27
4.4 Saran 27
DAFTAR PUSTAKA 28
LAMPIRAN 29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva biaya bahan bakar 6

Gambar 2.2 Proses Optimasi Dalam ABC 6

Gambar 3.1 Diagram alir penelitian 10

Gambar 3.2 Diagram alir ED menggunakan algoritma ABCO 15

Gambar 4.1 Grafik Hasil Prioritas Penggunaan Bahan Bakar pada 6 Sampel 24

Gambar 1 . Grafik Hasil Prioritas Penggunaan Bahan Bakar Selama 24 Jam 49

Gambar 2 Grafik Hasil Total Konsumsi Bahan Bakar Selama 24 Jam 49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data pembangkitan dan parameter operasi 26 unit termal sistem IEEE 24 bus [7].....13

Tabel 3.2 Data Harga Bahan Bakar 26 Unit Termal Sistem IEEE 24 Bus [7].....14

Tabel 3.3 Data beban selama 24 jam untuk sistem *IEEE* 24 bus [7] 14

Tabel 4.1 Hasil Daya *Output* dan Biaya Operasi Pada Jam 1, Beban 1700 MW.....18

Tabel 4.2 Hasil Daya *Output* dan Biaya Operasi Pada Jam 7, Beban 2000 MW.....19

Tabel 4.3 Hasil Daya *Output* dan Biaya Operasi Pada Jam 15, Beban 2620 MW.....20

Tabel 4.4 Hasil Daya *Output* dan Biaya Operasi Pada Jam 19, Beban 2500 MW.....21

Tabel 4.5 Hasil Daya *Output* dan Biaya Operasi Pada Jam 21, Beban 2600 MW.....22

Tabel 4.6 Hasil Daya *Output* dan Biaya Operasi Pada Jam 24, Beban 1840 MW.....23

Tabel 4.7 Hasil Daya *Output* Tiap Unit Selama 24 Jam (MW) 25

Tabel 4.8 Hasil Biaya Operasi Tiap Unit Selama 24 Jam ($) 26

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Energi listrik merupakan kebutuhan utama bagi setiap masyarakat di dunia. Grafik dari kebutuhan ini semakin meningkat setiap tahunnya dikarenakan populasi penduduk yang semakin bertambah. Energi listrik tidak hanya digunakan disegi rumah tangga, namun pada industri, rumah sakit, transportasi, dan kebutuhan komersil lainnya selama 24 jam. Hal ini tentu membuat permintaan dan biaya energi listrik yang berbeda-beda.

Dalam sistem tenaga listrik, keseimbangan antara beban dan daya yang disuplai harus seimbang agar bisa dioperasikan secara optimal dan biaya operasi menjadi seminimal mungkin.Sehingga perlu dilakukan optimisasi biaya bahan bakar dengan pembagian pembebanan yang merata pada setiap pembangkitan. Hal itu dapat diperhitungkan dengan *Economic Dispatch* (ED).

Fungsi dari ED adalah skema untuk mendapatkan biaya yang seminimal mungkin dengan daya yang tersuplai sama denganpermintaan beban yang diinginkan dan tetap mempertimbangkan batasan-batasan yang ada. Dalam pembangkitan energi listrik tentu membutuhkan bahan bakar untuk pembangkitannya dan yang menggunakan bahan bakar termurah akan diprioritaskan untuk membangkitkan energi listrik.

Operasi ED diimplementasikan pada sistem pembangkitan *IEEE*-24 bus 26 unit pembangkit yang dipusatkan setiap jam selama 24 jam untuk mengalokasikan daya nyata yang optimal sehingga biaya operasi menjadi minimum dan batasan-batasan operasi terpenuhi. Untuk data beban diasumsikan semua unit pembangkit menyala[1].

Untuk menyelesaikan perhitungan ED dalam skripsiini penulis menggunakan metode *Artificial Bee Colony (ABC)* untuk diimplementasikan pada sistem IEEE 24 bus dengan 26 unit pembangkit termal yang dibangkitkan selama 24 jam. Algoritma ini terinsipirasi dari koloni lebah madu yang mencari sumber makanan (nektar) yang diperkenalkan oleh Karaboga pada tahun 2005. Dalam ABC terdapat tiga kelompok koloni lebah yaitu lebah pekerja, lebah pengamat, dan lebah pencari[2]. Parameter kontrol algoritma ABC tersebut adalah sumber makanan *(FoodNumber)*, ukuran koloni lebah (NP), *limit*, dan jumlah iterasi maksimal *(maxCycle)*. Lalu parameter permasalahan ED yang digunakan adalah fungsi biaya bahan bakar dan batasan tiap unit pembangkit yang dioperasikan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dirumuskan sebuah permasalahan penelitian yaitu bagaimana cara menyelesaikan persoalan ED unit pembangkit termal menggunakan metode ABC?

1.3 Batasan Masalah

Dalam skripsi ini masalah hanya akan dibatasi sebagai berikut :

1. PerhitunganED yang diimplementasikan menggunakan data sistem *IEEE*24 bus, 26 unit pembangkit termal.
2. Penyelesaian ED mengabaikan kekanganrugi-rugi transmisi/*transmision losses*.
3. Perhitungan dalam jangka pendek yaitu 24 jam yang berbeda-beda tiap jamnya.
4. Metode yang digunakan adalah algoritma *Artificial Bee Colony*(ABC).
5. Pemograman dilakukan dengan *software*MATLAB 2013a.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari skripsi ini adalah memecahkan persoalan ED unit pembangkit termal pada sistem pembangkitan menggunakan metode ABC.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi peneliti, hasil penelitian ini dapat mengetahui daya yang dikeluarkan dan biaya operasipaling ekonomis pada sistem pembangkitan setiap jamnyadengan metode ABC.
2. Bagi masyarakat/perusahaan pembangkit,hasil penelitian ini dapat menjadi masukan dalam membangun sistem pembangkitan dengan biaya yang seminimal mungkin untuk menyuplai beban yang diinginkan menggunakan metode algoritma ABC tanpa memperhatikan rugi-rugi transmisi.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Permasalahan bahan bakar fosil yang semakin langka membuat tingginya harga bahan bakar dan dapat mempengaruhi biaya produksi energi listrik menjadi tinggi juga. Jumlah beban yang semakin bertambah juga akan mendorong meningkatnya biaya operasi dan jumlah bahan bakar. Solusi yang dilakukan agar beban tetap terpenuhi namun biaya operasi dapat seminimal mungkin yaitu dengan optimasi biaya bahan bakar pembangkitan. Permasalahan yang ditulis oleh Nurlita Gamayanti ini diuji coba untuk dua sistem berbeda yaitu dengan 5 unit dan 15 unit pembangkit sebagai perbandingan untuk menunjukan kelayakan dan efektifitas hasil optimasi yang dipengaruhi oleh *valve-point effect*[2]. Batasan-batasan yang ada juga dipertimbangkan dalam perhitungan seperti *valve-point effect*, *rump-rate*, batasan operasi dan rugi-rugi transmisi. Algoritma yang digunakan untuk perhitungan ED yang dipengaruhi *valve-point effect* adalah ABC.Metode ini merupakan algoritma yang terinspirasi dari koloni lebah madu mencari makanan. Hasil yang didapat adalah algoritma tersebut dapat digunakan untuk menyelesaikan solusi ED dengan baik dan komputasi yang cepat. Untuk pengaruh *valve-point effect*mencapai kurang lebih 22% pada kondisi biaya pembangkitan yang sama[2].

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, permasalahan ini tentang penjadwalan generator dan pengiriman beban ekonomi menggunakan metode algoritma*ant colony optimization (ACO)*. ACO merupakan sebuah pendekatan meta-heuristik untuk memecahkan kombinasi keras masalah pengoptimalan yang terinsipirasi dari perilaku koloni semut mencari sumber makanannya dari sarang dan semut meninggalkan jejak sebagai media komunikasi pada semut lain yang disebut feromon. Namun, algoritma ACO ini tidak cocok pada skripsi yang penulis kerjakan karena nilai pada ED merupakan nilai kontinyu, sedangkan dalam algoritma ACO merupakan algoritma untuk menyelesaikan nilai diskrit[3].

Selanjutnya dari penelitian milik Xiao-Jun Wu, Wei Fang dan Zhenyu Wang mengusulkan dalam pemecahan masalah ED menggunakan metode *Random Drift Particle Swarm Optimization* (RDPSO). Metode tersebut terinsipirasi dari model elektron bebab dalam logam konduktor yang diletakkan pada medan listrik eksternal dan menggunakan persamaan evolusi untuk pencarian global. Algoritma ini memiliki dua partikel yaitu kecepatan termal dan kecepatan drift. Dalam simulasi penelitian ini RDPSO direprensentasikan pada 3 sistem daya yang berbeda yang akan dibandingkan dengan metode GA dan DE yaitu terkait kualitas solusi

yang ditemukan, kekokohan, dan konvergensi algoritma tersebut. Setelah disimulasi didapatkan hasil bahwa parameter yang dikonfigurasi oleh RDPSO menghasilkan solusi paling tinggi dan konvergensi yang baik dari metode GA dan DE. Tidak hanya itu, kinerjanya lebih kuat terlihat dari standar deviasi relatif lebih rendah dari biaya operasi [4].

Jadi, dari beberapa ringkasan studi literatur, metode ABC yang dipilih untuk menyelesaikan permasalahan ED yang diuji coba pada data sistem IEEE 24 bus dengan 26 unit pembangkit termal dalam skripsi ini. Hal ini dikarenakan ABC memiliki proses komputasi yang cepat dan mampu menghasilkan solusi yang lebih baik.

2.2 Tinjauan Teori

2.2.1 *Economic Dispatch* (ED)

Fungsi dari perhitungan ED adalah skema untuk menentukanalokasi daya yang paling optimal diantara unit-unit pembangkit untuk melayani beban total dengan memperhatikan kekangan-kekangan yang ada agar didapatkan biaya seminimal mungkin.Kekangan yang diperhatikanmeliputi kekangan keseimbangan antara total daya yang dibangkitkan dengan beban total, serta kekangan unit yang berupa batasan minimal dan batasan maksimal pembangkitan.

Permasalahan ED diuji coba pada data sistem IEEE-24 bus 26 unit pembangkit termal dengan memiliki beban jangka pendek 24 jam yang berbeda setiap jamnya. Agar terpenuhi biaya operasi seminimal mungkin.Perhitungan ED terdapat fungsi objektif yang akan diminimisasi adalah biaya operasi sistem tenaga total. Pemodelan fungsi biaya bahan bakar dituliskan pada persamaan 2.1,

$$F_i(P_i) = a_i + b_i P_i + c_i {P_i}^2 \qquad \text{R/h} \tag{2.1}$$

Dimana,

i = indeks unit pembangkit

a_i, b_i, c_i = koefisien biaya bahan bakar dari unit ke i

P_i = daya yang dibangkitkan pada unit i

F_i = biaya bahan bakar pada unit ke i

Sehingga, biaya total dapat diformulasikan dalam optimasi ED yang ditunjukan pada persamaan 2.2,

$$min\ F_T = \sum_{i=1}^{N} F_i\,(P_i) \tag{2.2}$$

Dimana,

F_T = total biaya bahan bakar

N = jumlah unit pembangkit

t = waktu

Agar sistem pembangkitan dapat mensuplai beban total yang dibutuhkan konsumen dengan biaya seminimal mungkin tentu perlu memperhatikan kekangan yang ada diantaranya:

1. Jumlah daya yang dibangkitkan harus sama dengan total beban dengan mengabaikan rugi-rugi transmisidengan persamaan 2.3.

$$\sum_{i=1}^{N} P_i - P_d^t = 0 \tag{2.3}$$

Dimana,

P_d^t= total beban saat jam ke t

2. Daya yang dikeluarkan setiap pembangkit harus berada di atas nilai daya minimal dan dibawah nilai daya maksimal yang sudah ditentukan pada tiap unit ditunjukan pada persamaan 2.4 [2].

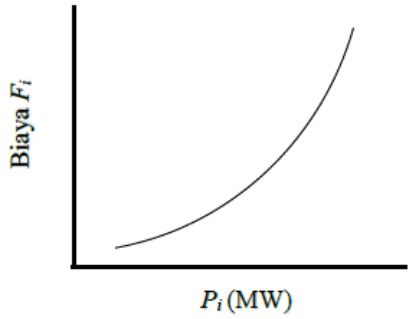
$$P_{i,min} \leq P_i \leq P_{i,max} \tag{2.4}$$

Dimana,

$P_{i,min}$= batas minimal daya pembangkitan pada unit ke i (MW)

$P_{i,max}$ = batas maksimal daya pembangkitan pada unit ke i (MW)

Kemudian dari persamaan 2.1, grafik karakteristik unit termal dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 2.1. Terlihan bentuk kurva yang cekung menunjukan semakin besar daya yang tersuplai maka semakin besar biaya operasi yang dihasilkan. Hal ini dapat dipengaruhi oleh material mentah yang digunakan pada unit pembangkit. Dimana unit pembangkit termal (PLTG,PLTU,dll) lebih tinggi biayanya dibanding unit pembangkit hidro (PLTA).

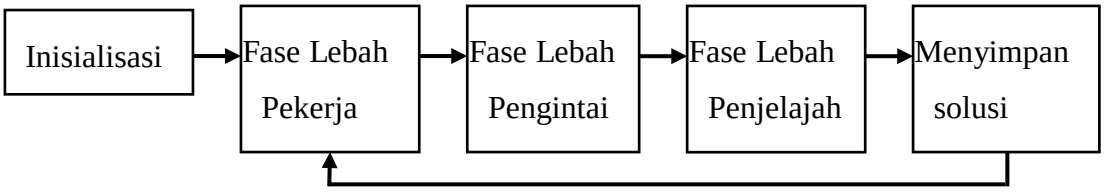


Gambar 2.1 Kurva biaya bahan bakar

2.2.2 Algoritma *Artificial Bee Colony(ABC)*

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan ED yaitu metode algoritma ABC. Algoritma ini adalah algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi numeris yang pertama kali diperkenalkan oleh Karaboga pada tahun 2005. Algoritma ini terinsipirasi oleh perilaku koloni lebah madu ketika mencari makanannya atau dinamakan *foraging behavior*.Karena memiliki proses optimasi yang sederhana, parameter kontrol yang sedikit, dan konvergensi keandalan yang tinggi penulis menggunakan metode ini.

Dalam pencarian makanannya koloni lebah memiliki tiga komponen utama yaitu lebah pekerja *(employed bee),* lebah pengangguran *(unemployed bee),* dan sumber makanan *(foodsource).*Untuk menggunakan algoritma ini, masalah optimasi yang akan diselesaikan harus diubah ke bentuk optimasi untuk mencari nilai minimum dari sebuah fungsi objektif. Proses optimasi dalam ABC ini ditunjukan pada Gambar 2.2,



Gambar2.2Proses Optimasi Dalam ABC

A. Inisialisasi

Parameter yang diberi nilai awal pada fase inisialisasi algoritma ABC adalah jumlah lebah pada koloni (NP), sumber makanan (*FoodNumber*), *limit,* dimensi masalah (D), jumlah iterasi maksimal *(maxCycle),* dan batas atas dan batas bawah variabel (*ub* dan *lb*). Selanjutnya dibentuk populasi kandidat solusi awal berupa posisi sumber makanan oleh lebah penjelajah. Posisi tersebut mempresentasikan kandidat solusi *(x)* masalah optimasi yang diselesaikan algoritma

ABC dan jumlah sumber makanan merupakan nilai kualitas/*fitness* dari kandidat solusi yang

$$P_{ij} = P_{i,min} + rand(0,1) * (P_{i,max} - P_{i,min}) \quad (2.6)$$

berhubungan dengan fungsi objektif *f(x)*. Persamaan 2.6 untuk membangkitkan populasi awal[2],

Dimana,

P_{ij}= daya *output*ke-*j* pada unit pembangkit *i*

Banyaknya solusi P_j sama dengan banyaknya lebah pekerja (*Eb*), i = 1,2,3,..,N jumlah unit pembangkit[2]. *Rand*(0,1) angka yang secara acak dibangkitkan dengan *range* antara (0,1).

B. Fase Lebah Pekerja

Setelah inisialisasi selesai dan nilai populasi awal sudah ditemukan masuk pada fase lebah pekerja. Prinsip dari lebah pekerja ini melakukan penjelajahan untuk mencari sumber makanan yang kaya di sekitar sarang mereka. Lebah-lebah itu menemukan sumber makanan yang baru dan mengevaluasi probabilitas. Persamaan 2.7 untuk menentukan sumber makanan yang baru pada algoritma ABC.

$$P_{ij}^{baru} = P_{ij}^{lama} + u(P_{ij}^{lama} - P_{kj}) \quad (2.7)$$

Dimana,

P_{ij}^{baru} = daya *output* ke *j* pada unit pembangkit *i* yang baru

P_{kj}= sumber makanan yang dipilih secara acak

u = bilangan acak yang dipilih antara [-α,α]

k= indeks sumber makanan terpilih [2]

Setelah sumber makanan atau diasumsikan dalam ED yaitu nilai daya yang baru ditemukan akan dievaluasi berdasarkan nilai *fitness* dan diseleksi secara acak. Persamaan 2.8 menunjukan rumus mencari nilai fitnessnya.

$$fitness_j = \frac{1}{\sum_{j=1}^{NP}(1 + F_i(P_i))} \quad (2.8)$$

C. Fase Lebah Pengintai

Pada fase ini terdapat dua kelompok lebah penganggur yaitu lebah pengintai dan lebah penjelajah. Tugas dari lebah pengintai adalah menunggu informasi di dalam sarang mengenai sumber makanan dari lebah pekerja. Kemudian akan memilih berdasarkan nilai probabilitas ($prob_j$) yang telah dihitung oleh lebah pekerja. Nilai probabilitas tertinggi artinya nilai daya dengan *fitness* terbaik. Berikut persamaan 2.9 merupakan rumus perhitungan probabilitasnya.

$$prob_j = \frac{fitness_j}{\sum_{j=1}^{Eb} fitness_j} \tag{2.9}$$

D. Fase Lebah Penjelajah

Lebah penjelajah juga bertugas memilih sumber makanannya namun secara acak. Lebah ini terbentuk dari lebah pekerja yang sumber makanannya tidak dapat diperbaiki lagi kualitasnya. Biasa diasumsikan pada ED nilai daya lebah pekerja yang diabaikan. Pada algoritma ABC bisa dikatakan "*limit*" yang artinya batas iterasi untuk meninggalkan/menghapus sumber makanan. Sehingga untuk mendapatkan sumber makanan yang baru memiliki persamaann 2.10. lebah penjelejah mengulangi terus sampai batas iterasi yang ditentukan selesai.

$$P_{ij} = P_{i,min} + rand(0,1) * (P_{i,max} - P_{i,min}) \tag{2.10}$$

BAB 3
METODOLOGI

3.1 Alur Penelitian

Dalam melakukan skripsi ini, penulis membutuhkan suatu yang dinamakan skema penelitian agar memudahkan penulis menjalankan proses penelitiannya. Skema penelitian ini berisi tahapan-tahapan yang akan dilakukan penulis untuk diteliti dan dianalisa. Tahapan awal dari skripsi ini yaitu membaca studi literatur yang berkaitan dengan topik skripsi untuk membandingkan beberapa metode yang telah digunakan sebagai penyelesaian masalah ED unit pembangkit termal.Setelah mengetahui perbandingannya penulis dapat memilih metode mana yang mampu menyelesaikan permasalahan dalam skripsi ini.

Tahap selanjutnya adalah meyiapkan data yang akan digunakan sebagai bahan perhitungan ED dan perangkat lunak *(software)*sebagai alat bantu proses optimasi dalam memecahkan permasalahan komputasi serta perangkat keras (*hardware)* yang mampu menjalankan *software* yang digunakan penulis.

Untuk data yang digunakan penulis adalah data yang diambil dari sistem *IEEE* 24 bus dengan 26 unit pembangkit termal. Alasannya karena permasalahan ED baru akan terasa besar efeknya jika menggunakan sistem yang besar dan data dari sistem *IEEE* ini dipandang sudah cukup besar untuk permasalahan ED sendiri. Dari data tersebut parameter yang dibutuhkan untuk menyelesaikan ED yaitu kekangan tiap unit pembangkit (P_{min}, P_{max}), total beban selama 24 jam yang berbeda-beda tiap jamnya, dan koefisien fungsi biaya bahan bakar setiap unit. Lalu didapatkan fungsi objektif untuk mendapatkan nilai daya yang dikeluarkan setiap unit.

Tidak hanya itu, agar proses penyelesaiannya mudah dan cepat penulis memutuskan menggunakan software MATLAB sebagai proses komputasinya. Dimana terdapat beberapa file koding berisi permasalahan ED dan koding utama dari ABC yang kemudian disimulasikan. Metode ABC akan mengiterasi dengan jumlah yang ditentukan agar mendapatkan nilai daya sesuai kekangan tiap unit pembangkit dan menghasilkan biaya operasi yang paling minimal.

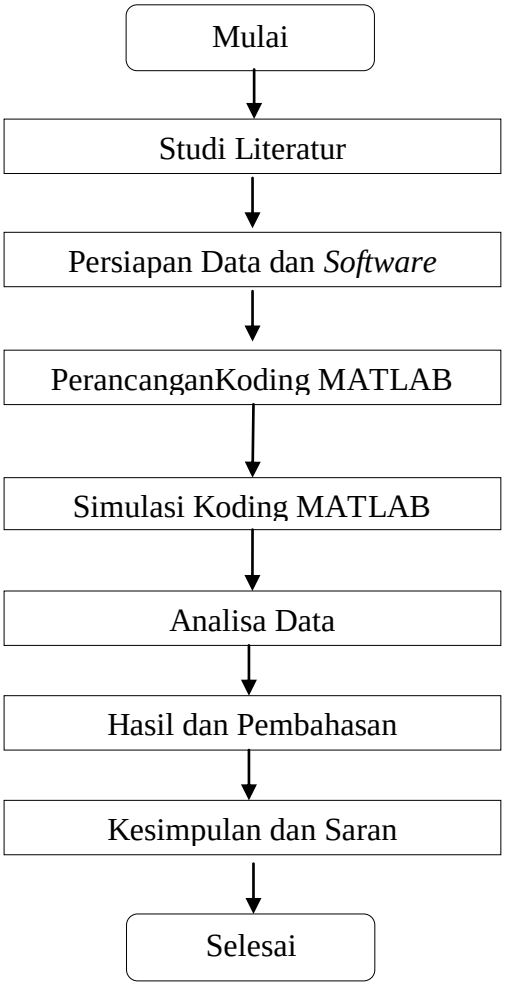
Setelah koding selesai dan disimulasikan maka keluar hasil dari koding di MATLAB yang berupa data sebagai berikut :

1. P_i, data daya *output* dari setiap unit pembangkit pada beban tertentu.
2. P_{total}, penjumlahan dari semua daya *output*unit pembangkit dari total beban tertentu.

3. F_i, hasil perhitungan biaya operasi setiap unit pembangkit yang paling ekonomis setelah didapat nilai daya*output*nya.
4. F_{total}, penjumlahan dari semua biaya operasi setiap unit pembangkit pada beban tertentu.

Selanjutnya tahapan yang dilakukan penulis adalah menganalisa hasil simulasi dari MATLAB tersebut apakah hasil yang didapatkan sudah mencapai tujuan yaitu mendapatkan biaya operasi seminimal mungkin dengan tetap memperhatikan kekangan-kekangan setiap unit pembangkit yang ditentukan.

Kemudian tahapan terakhir dalam skripsi ini yaitu terkait kesimpulan dan saran. Setelah penulis melakukan analisa pada hasil yang didapatkan maka penulis dapat menyimpulkan dari data tersebut. Kesimpulan sendiri berisi rangkuman dari hasil analisa yang bersifat fakta, alasan penelitian ini dan saran merupakan suatu masukan penulis untuk penelitian selanjutnya yang belum dilakukan oleh penulis sendiri. Jadi, dari penjelasan skema penelitian diatas dapat digambarkan pada Gambar 3.1 yaitu diagram alir penelitian skripsi ini.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Perancangan Simulasi ED dengan metode ABC

Dalam memecahkan masalah ED dengan metode ABC ini penulis dibantu oleh *software* MATLAB. Metode ABC sendiri terinspirasi dari lebah madu yang mencari sumber makanannya. Biasanya dalam optimasi sumber makanan tersebut diasumsikan sebagai kandidat solusi (x) masalah yang akan diselesaikan dengan ABC. Cara kerja lebah mencari makanannya terbagi menjadi 3 kelompok yaitu[5]:

1. Lebah pekerja.
2. Lebah pengintai.
3. Lebah penjelajah.

Langkah awal sebelum mendapatkan solusi yang diinginkan pada algoritma ABC ini harus menginisialisasi beberapa parameter-parameter yang diberi nilai awal. Diantaranya ukuran koloni *(NP)*, banyaknya sumber makanan *(FoodNumber)*,*limit*, jumlah iterasi maksimal *(maxCycle)*, nama fungsi objektif *(objfun)*, dimensi masalah *(D)*, dan nilai batas bawah dan batas atas variabel (*lb* dan *ub*).Dari parameter diatas dapat dijelaskan bahwa pencarian sumber makanan dilakukan secara acak yang akan disimpan dalam variabel *Foods* berupa matriks. Untuk itu terdapat persamaan 3.1 untuk membangkitkan populasi awal dalam mencari sumber makanan,

$$P_{ij} = P_{i,min} + rand(0,1) * (P_{i,max} - P_{i,min}) \tag{3.1}$$

setelah sumber makanan ditemukan akan dievaluasi berdasarkan nilai *fitness* yang dihitung pada persamaan 3.2,

$$fitness_j = \frac{1}{\sum_{j=1}^{NP}(1 + F_i(P_i))} \tag{3.2}$$

dan dihitung nilai probabilitasnya guna memilih sumber makanan dengan persamaan 3.3.

$$prob_j = \frac{fitness_j}{\sum_{j=1}^{Eb} fitness_j} \tag{3.3}$$

Proses optimasi ini diulangi sampai proses iterasi selesai dan mendapat kandidat solusi yang diinginkan.

Pada penelitian ini masalah ED memiliki batasan yang tidak boleh diabaikan yaitu batas minimal dan batas maksimal dari setiap unit pembangkit yang dikeluarkan mensuplai beban

yang diminta oleh konsumen. Tidak hanya itu, hasil dari total daya yang dikeluarkan harus seimbang dengan permintaan daya dari konsumen.

3.3 Implementasi Algoritma ABC

Implementasi algoritma ABC untuk menemukan solusi untuk masalah ED pada sistem IEEE 24 bus dengan 26 unit pembangkit termal secara rinci dijelaskan sebagai berikut:

1. Inisalisasi parameter ABC

   Memberi nilai awal pada parameter kontrol algoritma ABC yaitu ukuran koloni *(NP),* jumlah sumber makanan *(FoodNumber),* dimensi masalah *(D),* batasan variabel *(ub* dan *lb*), jumlah iterasi maksimal (*maxCycle)*, dan *limit.*
2. Input Data

   Menginput data dari sistem *IEEE* 24 bus 26 unit pembangkit termal yang akan digunakan untuk penghitungan ED dengan metode algoritma ABC. Beberapa parameter yang digunakan yaitu koefisien fungsi biaya (a,b,c), batas atas daya yang dikeluarkan (P_{max}), batas bawah daya yang dikeluarkan (P_{min}), total beban jangka pendek (24 jam) dengan nilai beban berbeda-beda setiap jamnya, dan harga bahan bakar.
3. Menghitung populasi awal, P_{ij}

   Setelah dilakukan inisialisasi dan memasukan data sistem, tahap ketiga yaitu menghitung populasi awal atau P_{ij} yang memiliki kekangan *ub* dan *lb.* Rumus untuk membangkitkan P_{ij}pada persamaan (3.1).
4. Menghitung nilai P_{ij}baru, mengevaluasi, dan seleksi

   Pada proses ini dari koloni lebah pekerja mencari nilai P_{ij}baru untuk dibandingkan dengan P_{ij} lama. Persamaan (2.7) untuk menghitung nilai daya yang baru. Setelah didapatkan P_{ij}baru oleh lebah-lebah pekerja ini akan dievaluasi sesuai nilai fitness menggunakan persamaan (3.2) dan dilakukan seleksi secara acak diantara P_{ij} lama dan P_{ij}baru. Nilai daya paling optimal disimpan.

5. Fase Lebah Pengintai

   Untuk memilih nilai daya paling optimal lebah pengintai memilih berdasarkan nilai probabilitas yang dihitung menggunakan nilai fitness yang dihasilkan oleh lebah pekerja. Perhitungan mencari nilai probabilitas menggunakan persamaan (3.3).
6. Fase Lebah Penjelajah

Lebah penjelajah merupakan lebah penganggur yang memilih nilai daya secara acak. Setelah daya yang paling optimum ditemukan maka diperbaharui selama beberapa iterasi untuk meningkatkan nilai fitnessnya. Apabila daya yang didapat belum sesuai lebah penjelajah akan mencari nilai daya yang baru sebagai pengganti nilai daya yang jelek menggunakan persamaan (3.1) sampai proses limit selesai.

Dari langkah-langkah diatas dijelaskan pada Gambar 3.2 diagram alir cara kerja simulasi MATLAB dalam menyelesaikan masalah ED menggunakan algoritma ABC.

3.4 Data Sistem IEEE

Penelitian ini penulis menggunakan paramater dari sistem *IEEE reliability Test System* 1979 terdiri dari 24 bus 26 unit pembangkit termal. Data sistem didapatkan dari *IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 10, No. 3, August 1995, Short-Term Generation Scheduling with Transmission and Environmental Constraints Using An Augmented lagrangian Relaxation*, dengan tambahan data berupa tipe dan bahan bakar masing-masing unit, serta harga bahan bakar dari *Realiability Assessment of Electrical Power Systems using Monte Carlo Methods* (Roy Billinton, Wenyuan Li, 1994, New York : Plennum Press)[7].

Tabel 3.1Data pembangkitan dan parameter operasi 26 unit termal sistem IEEE 24 bus [7]

Unit	Tipe	Bahan Bakar	Pmin*(MW)*	Pmax*(MW)*	Koefisien Fungsi Biaya		
					a *($/h)*	b *($/MWh)*	c *($/MW^{2}h)*
1	*Fossil Steam*	#6 oil	2,4	12	24,3891	25,5472	0,02533
2			2,4	12	24,4110	25,6753	0,02649
3			2,4	12	24,6382	25,8027	0,02801
4			2,4	12	24,7605	25,9318	0,02842
5			2,4	12	24,8882	26,0611	0,02855
6	Combustion Turbine	#2 oil	4	20	117,7551	37,5510	0,01199
7			4	20	118,1083	37,6637	0,01261
8			4	20	118,4576	37,7770	0,01359
9			4	20	118,8206	37,8896	0,01433
10	Fossil Steam	Coal	15,2	76	81,1364	13,3272	0,00876
11			15,2	76	81,2980	13,3538	0,00895
12			15,2	76	81,4641	13,3805	0,00910
13			15,2	76	81,6259	13,4073	0,00932
14	Fossil Steam	#6 oil	25	100	217,8952	18,0000	0,00623
15			25	100	218,3350	18,1000	0,00612
16			25	100	218,7752	18,2000	0,00598
17	Fossil Steam	Coal	54,25	155	142,7348	10,6940	0,00463
18			54,25	155	143,0288	10,7154	0,00473

19			54,25	155	143,3179	10,7367	0,00481
20			54,25	155	143,5972	10,7583	0,00487
21	Fossil Steam	#6 oil	68,95	197	259,1310	23,0000	0,00259
22			68,95	197	259,6490	23,1000	0,00260
23			68,95	197	260,1760	23,2000	0,00263
24	Fossil Steam	Coal	140	350	177,0575	10,8616	0,00153
25	Nuclear Steam	LWR	100	400	310,0021	7,49210	0,00194
26			100	400	311,9102	7,50310	0,00195

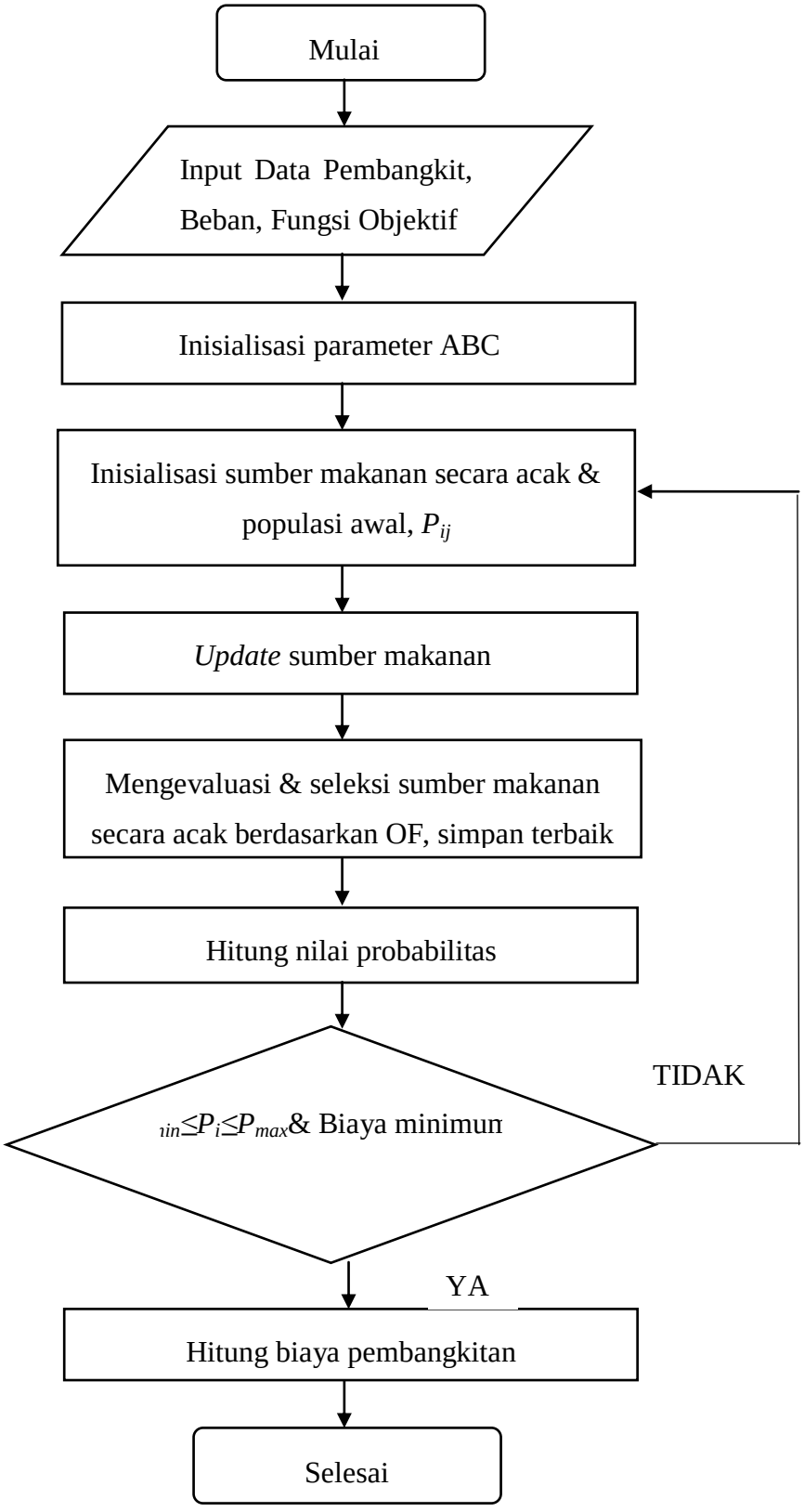
Tabel 3.2 Data Harga Bahan Bakar 26 Unit Termal Sistem IEEE 24 Bus [7]

Unit	Harga Bahan Bakar *($/Mbtu)*	Unit	Harga Bahan Bakar *($/Mbtu)*
1	2,3	13	1,2
2	2,3	14	2,3
3	2,3	15	2,3
4	2,3	16	2,3
5	2,3	17	1,2
6	3	18	1,2
7	3	19	1,2
8	3	20	1,2
9	3	21	2,3
10	1,2	22	2,3
11	1,2	23	2,3
12	1,2	24	3

Data beban selama 24 jam didapatkan dari *IEEE Transaction on Power Systems*, *Vol. 21, No. 4, November 2006, Reliability Constrained Unit Commitment Using Simulated Annealing* [7].

Tabel 3.3 Data beban selama 24 jam untuk sistem *IEEE* 24 bus [7]

Jam ke	Beban *(MW)*	Jam ke	Beban *(MW)*
1	1700	13	2590
2	1730	14	2550
3	1690	15	2620
4	1700	16	2650
5	1750	17	2550
6	1850	18	2530
7	2000	19	2500
8	2430	20	2550
9	2540	21	2600
10	2600	22	2480
11	2670	23	2200
12	2590	24	1840


Mulai
Input Data Pembangkit, Beban, Fungsi Objektif
Inisialisasi parameter ABC
Inisialisasi sumber makanan secara acak & populasi awal, P_{ij}
Update sumber makanan
Mengevaluasi & seleksi sumber makanan secara acak berdasarkan OF, simpan terbaik
Hitung nilai probabilitas
$P_{min} \leq P_i \leq P_{max}$ & Biaya minimum
TIDAK
YA
Hitung biaya pembangkitan
Selesai

Gambar 3.2 Diagram alir ED menggunakan algoritma ABCO

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sesuai pada Bab 3 yang telah disusun, penelitian diterapkan pada sistem *IEEE* 24 bus dengan 26 unit pembangkit termal (data terlampir) yang didalamnya terdiri dari koefisien fungsi biaya tiap unit pembangkit, harga bahan bakar dan jenis bahan bakar yang digunakan setiap unit pembangkit, batasan daya minimal dan daya maksimal yang dikeluarkan pada setiap unit pembangkit, dan data beban jangka pendek selama 24 jam yang memiliki nilai beban berbeda-beda pada setiap jamnya.

4.1 Analisa ED menggunakan metode ABC

Untuk menghasilkannilai daya *output* yang optimal sebagai kandidat solusi ED dan menghasilkan biaya operasi pembangkitan yang seminimal mungkin dengan metode algoritma ABC, maka terdapat beberapa parameter kontrol yang harus diinisialisasi atau diberi nilai awal yang akan digunakan selama proses simulasi dijalankan. Seperti yang telah dijelaskan dalam Bab 3, berikut adalah nilai paramater kontrol yang digunakan dalam ABC untuk memecahkan masalah ED:

1. *NP* : 1000
2. *Limit* : 100
3. *maxCycle* : 200
4. *objfun* : abceld1
5. *D* : 26
6. *Ub* : 12, 12, 12, 12, 12, 20, 20, 20, 20, 76, 76, 76, 76, 100, 100, 100, 155, 155, 155, 155, 197, 197, 197, 350, 400, 400
7. *Lb* : 2.4, 2.4, 2.4, 2.4, 2.4, 4, 4, 4, 4, 15.2, 15.2, 15.2, 15.2, 25, 25, 25, 54.25, 54.25, 54.25, 54.25, 68.95, 68.95, 68.95, 140, 100, 100

NP merupakan nilai ukuran koloni lebah yang berisi 1000 buah vektor yang menunjukan posisi kandidat solusi awal yang dibangkitkan atau sebuah vektor dari P_{ij}. Dalam setiap vektor P_{ij}berisi nilai daya *output* tiap unit pembangkit yang biasa disebut sebagai sumber makanan dalam ABC.*Limit* merupakan batas iterasi untuk meninggalkan/menghapus nilai P_{ij}yang tidak sesuai kekangan. Dalam melakukan proses simulasi iterasi hanya dibatasi sebesar 200 iterasi saja dengan dimensi masalah (D) sebesar 26 yang merupakan jumlah dari unit pembangkit yang digunakan. ABC juga menentukan batas atas *(ub)* dan batas bawah *(lb)* variabel optimasinya

agar keseimbangan daya yang dikeluarkan dengan permintaan beban tetap terjaga. Sehingga tujuan yang diinginkan tercapai yaitu mendapatkan biaya operasi seminimal mungkin dengan mengoptimalkan daya yang disuplai pada beban selama 24 jam.

Setelah dilakukan simulasi ABC, didapatkan hasil nilai daya *output* 26 unit pembangkit paling optimal yang disimpan pada variabel P1 yang berisi matriks [26x1] dan biaya operasi 26 unit pembangkit yang dianggap sudah paling ekonomis disimpan pada variabel FF yang berisi matriks [26x1].

Untuk itu penulis menampilkan 6 sampel hasil dari simulasi MATLAB penyelesaian ED pada jam yang berbeda dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Daya *Output*dan Biaya Operasi Pada Jam 1, Beban 1700 MW.

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min}(MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	2,8	96,5992
2.		2,4	12	6,0	178,2596
3.		2,4	12	3,1	104,9337
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	3,4	113,4972
6.	#2 Oil	4	20	4	268,1509
7.		4	20	4	268,9649
8.		4	20	4	269,7830
9.		4	20	4	270,9006
10.	Coal	15,2	76	66,2	1001,1410
11.		15,2	76	29,8	486,9837
12.		15,2	76	36,5	581,8358
13.		15,2	76	15,2	287,5702
14.	#6 Oil	25	100	38,4	918,5296
15.		25	100	29,3	754,4566
16.		25	100	47,2	1090,2557
17.	Coal	54,25	155	58,8	787,6208
18.		54,25	155	77,8	1005,4060
19.		54,25	155	54,3	739,9400
20.		54,25	155	71,3	935,9276
21.	#6 Oil	68,95	197	78	2060,1730
22.		68,95	197	69,0	1865,6965
23.		68,95	197	69	1872,3193
24.	Coal	140	350	216,1	2595,2394
25.	LWR	100	400	364,3	3297,1741
26.		100	400	345,6	3138,1490
TOTAL				1700	25076,6678

Tabel 4.1 merupakan hasil simulasi ABC saat jam 1 pagi dengan permintaan beban sebesar 1700 MW. Terlihat dalam tabel unit pembangkit yang paling sering dioperasikan adalah pembangkit yang menggunakan bahan bakar LWR. Hal ini dikarenakan bahan bakar tersebut dianggap paling murah untuk biaya pengoperasiannya. Sedangkan unit pembangkit yang berbahan bakar *#2 Oil*lebih sedikit digunakan dalam menyuplai karena biaya pengoperasiannya yang paling mahal. Dari tabel diatas, permintaan beban pada jam 1 pagi sudah sesuai dan mengeluarkan biaya operasi sebesar 25076,6678 $/Mbtu.

Tabel4.2 Hasil Daya *Output* dan Biaya Operasi Pada Jam 7, Beban 2000 MW.

No.	**Jenis Bahan bakar**	**P_{min} (MW)**	**P_{max} (MW)**	**P_{out} (MW)**	**Biaya *($/Mbtu)***
1.	#6 Oil	2,4	12	2,6	90,9519
2.		2,4	12	2,4	86,1843
3.		2,4	12	2,4	86,7260
4.		2,4	12	2,6	92,9237
5.		2,4	12	2,4	87,5993
6.	#2 Oil	4	20	4	268,1509
7.		4	20	4,0	268,9649
8.		4	20	13	593,8846
9.		4	20	6,1	351,8510
10.	Coal	15,2	76	60,0	1025,2958
11.		15,2	76	21,2	368,5046
12.		15,2	76	49,5	766,0234
13.		15,2	76	51,5	797,5009
14.	#6 Oil	25	100	25	675,4654
15.		25	100	28,3	734,9827
16.		25	100	25,0	677,5127
17.	Coal	54,25	155	88,6	1127,0303
18.		54,25	155	78,5	1013,2786
19.		54,25	155	78,5	1246,0300
20.		54,25	155	54,3	741,5677
21.	#6 Oil	68,95	197	72	1923,0648
22.		68,95	197	115	2953,8501
23.		68,95	197	96,5	2523,9877
24.	Coal	140	350	322,5	3838,9890
25.	LWR	100	400	400,0	3617,2421
26.		100	400	394,3	3325,4672
TOTAL				2000	29283,0296

Tabel 4.2 merupakan hasil simulasi ABC saat jam 7 pagi dengan permintaan beban sebesar 2000 MW. Terlihat dalam tabel unit pembangkit yang paling sering dioperasikan adalah

pembangkit yang menggunakan bahan bakar LWR. Hal ini dikarenakan bahan bakar tersebut dianggap paling murah untuk biaya pengoperasiannya. Sedangkan unit pembangkit yang berbahan bakar *#2 Oil*lebih sedikit digunakan dalam menyuplai karena biaya pengoperasiannya yang paling mahal. Dari tabel diatas, permintaan beban pada jam 1 pagi sudah sesuai dan mengeluarkan biaya total sebesar 29283,0296 $/Mbtu.

Tabel4.3Hasil Daya *Output* dan Biaya Operasi Pada Jam 15, Beban 2620 MW.

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	2,5	88,0692
2.		2,4	12	12,0	336,3292
3.		2,4	12	7,9	229,9970
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	8,9	259,9892
6.	#2 Oil	4	20	4	268,1509
7.		4	20	20,0	876,3726
8.		4	20	4	269,7830
9.		4	20	11,3	549,6654
10.	Coal	15,2	76	48,8	752,0039
11.		15,2	76	40	634,3556
12.		15,2	76	76	1150,9437
13.		15,2	76	68	1030,7991
14.	#6 Oil	25	100	87	1836,5807
15.		25	100	100	2089,5350
16.		25	100	80	1722,1010
17.	Coal	54,25	155	128,7	1595,5322
18.		54,25	155	155,0	1917,5541
19.		54,25	155	155	1923,0667
20.		54,25	155	134,8	1682,5383
21.	#6 Oil	68,95	197	91,4	2383,5401
22.		68,95	197	74,1	1986,2708
23.		68,95	197	157	3977,8527
24.	Coal	140	350	350,0	4166,0425
25.	LWR	100	400	400	3617,2421
26.		100	400	400	3625,1502
TOTAL				2620	39056,6258

Tabel 4.3 merupakan hasil simulasi ABC saat jam 15 sore hari dengan permintaan beban sebesar 2620 MW. Terlihat dalam tabel unit pembangkit yang paling sering dioperasikan adalah pembangkit yang menggunakan bahan bakar LWR. Hal ini dikarenakan bahan bakar tersebut dianggap paling murah untuk biaya pengoperasiannya. Sedangkan unit pembangkit yang

berbahan bakar *#2 Oil*lebih sedikit digunakan dalam menyuplai karena biaya pengoperasiannya yang paling mahal. Dari tabel diatas, permintaan beban pada jam 15 sore sudah sesuai dan mengeluarkan biaya total sebesar 39056,6258 $/Mbtu.

Tabel4.4 Hasil Daya *Output*dan Biaya Operasi Pada Jam 19, Beban 2500 MW.

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	6,9	201,9873
2.		2,4	12	6,5	192,2048
3.		2,4	12	4,7	145,3081
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	5,4	166,6360
6.	#2 Oil	4	20	4	268,1509
7.		4	20	4,0	268,9649
8.		4	20	4	269,7830
9.		4	20	6,5	367,2357
10.	Coal	15,2	76	76,0	1144,6014
11.		15,2	76	76,0	1147,8820
12.		15,2	76	76	1150,9437
13.		15,2	76	76,0	1154,4130
14.	#6 Oil	25	100	67,6	1462,6577
15.		25	100	89,5	1887,0905
16.		25	100	56,4	1263,6329
17.	Coal	54,25	155	155,0	1911,5406
18.		54,25	155	155	1917,5541
19.		54,25	155	103,5	1306,1078
20.		54,25	155	152	1894,2557
21.	#6 Oil	68,95	197	92,2	2402,8118
22.		68,95	197	145,4	3674,3881
23.		68,95	197	78	2080,8958
24.	Coal	140	350	350	4166,0425
25.	LWR	100	400	400	3617,2421
26.		100	400	307	2798,7766
TOTAL				2500	36948,2675

Tabel 4.4 merupakan hasil simulasi ABC saat jam 19 malam dengan permintaan beban sebesar 2500 MW. Terlihat dalam tabel unit pembangkit yang paling sering dioperasikan adalah pembangkit yang menggunakan bahan bakar LWR. Hal ini dikarenakan bahan bakar tersebut dianggap paling murah untuk biaya pengoperasiannya. Sedangkan unit pembangkit yang berbahan bakar *#2 Oil*lebih sedikit digunakan dalam menyuplai karena biaya pengoperasiannya

yang paling mahal.Dari tabel diatas, permintaan beban pada jam 19 malam sudah sesuai dan mengeluarkan biaya total sebesar 36948,2675$/Mbtu.

Tabel4.5 Hasil Daya *Output* dan Biaya Operasi Pada Jam 21, Beban 2600 MW.

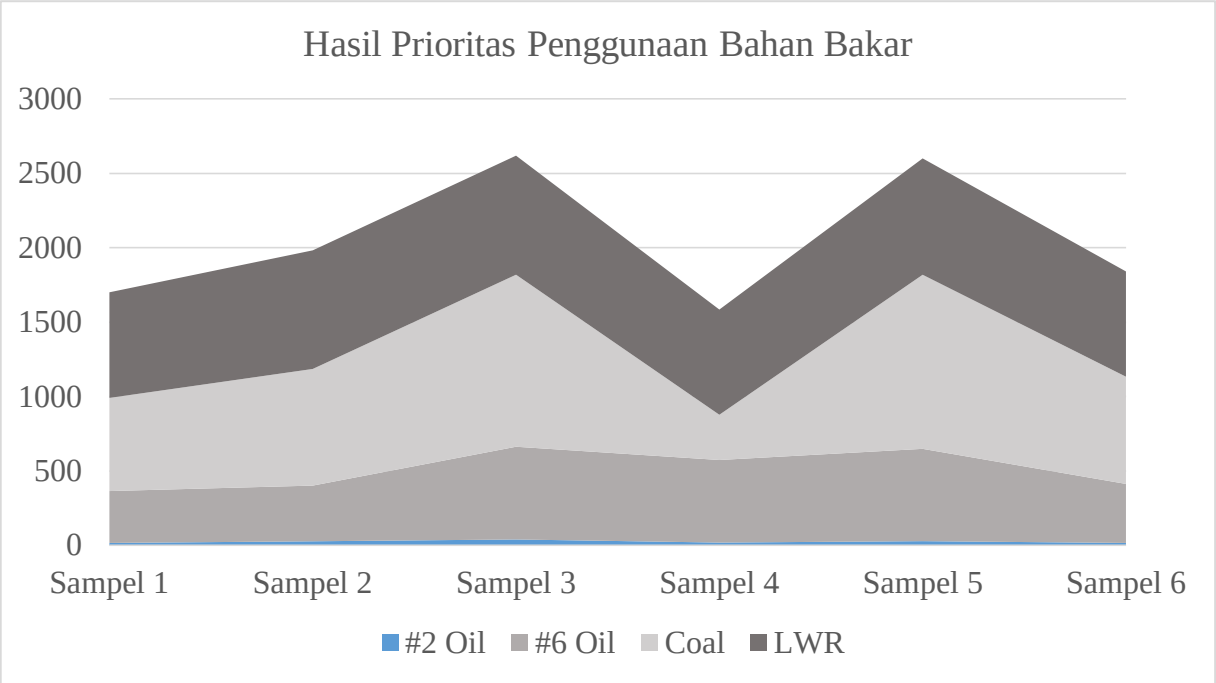
No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	4,4	136,8217
2.		2,4	12	5,8	175,0989
3.		2,4	12	2,4	86,7260
4.		2,4	12	4,9	151,6476
5.		2,4	12	6,0	181,0991
6.	#2 Oil	4	20	4	268,1509
7.		4	20	7	391,6814
8.		4	20	4,0	269,7830
9.		4	20	13	608,9486
10.	Coal	15,2	76	65,4	990,5947
11.		15,2	76	51,9	797,8989
12.		15,2	76	75	1130,7048
13.		15,2	76	76,0	1154,4130
14.	#6 Oil	25	100	100,0	2080,1952
15.		25	100	68,7	1491,3857
16.		25	100	61,5	1360,5306
17.	Coal	54,25	155	136	1685,9091
18.		54,25	155	141,8	1757,8855
19.		54,25	155	155	1923,0667
20.		54,25	155	155	1928,1355
21.	#6 Oil	68,95	197	102,6	2646,8493
22.		68,95	197	126,0	3212,2440
23.		68,95	197	138	3511,8538
24.	Coal	140	350	314	3733,7783
25.	LWR	100	400	382	3454,6102
26.		100	400	400,0	3625,1502
TOTAL				2600	38755,1626

Tabel 4.5 merupakan hasil simulasi ABC saat jam 21 malam dengan permintaan beban sebesar 2600 MW. Terlihat dalam tabel unit pembangkit yang paling sering dioperasikan adalah pembangkit yang menggunakan bahan bakar LWR. Hal ini dikarenakan bahan bakar tersebut dianggap paling murah untuk biaya pengoperasiannya. Sedangkan unit pembangkit yang berbahan bakar *#2 Oil*lebih sedikit digunakan dalam menyuplai karena biaya pengoperasiannya yang paling mahal. Dari tabel diatas, permintaan beban pada jam 21 malam sudah sesuai dan mengeluarkan biaya total sebesar 38755,1626$/Mbtu.

Tabel4.6 Hasil Daya *Output* dan Biaya Operasi Pada Jam 24, Beban 1840 MW.

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	3	95,6552
2.		2,4	12	4,0	127,7798
3.		2,4	12	2,4	86,7260
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	2,4	87,5993
6.	#2 Oil	4	20	4	268,1509
7.		4	20	4	268,9649
8.		4	20	4	269,7830
9.		4	20	4,0	270,6083
10.	Coal	15,2	76	20,9	364,0176
11.		15,2	76	39,9	628,7476
12.		15,2	76	35,1	562,7213
13.		15,2	76	18	321,6770
14.	#6 Oil	25	100	25,8	686,7462
15.		25	100	36,1	879,2276
16.		25	100	26	687,3159
17.	Coal	54,25	155	85,9	1095,0968
18.		54,25	155	122,4	1525,0393
19.		54,25	155	127,9	1595,3457
20.		54,25	155	68,5	903,2510
21.	#6 Oil	68,95	197	154,6	3876,0120
22.		68,95	197	69	1864,7547
23.		68,95	197	71,0	1920,5060
24.	Coal	140	350	202	2438,4972
25.	LWR	100	400	335,6	3042,7585
26.		100	400	371,8	3370,6763
TOTAL				1840	27324,8186

Tabel 4.6 merupakan hasil simulasi ABC saat jam 24 malam dengan permintaan beban sebesar 1840 MW. Terlihat dalam tabel unit pembangkit yang paling sering dioperasikan adalah pembangkit yang menggunakan bahan bakar LWR. Hal ini dikarenakan bahan bakar tersebut dianggap paling murah untuk biaya pengoperasiannya. Sedangkan unit pembangkit yang berbahan bakar *#2 Oil*lebih sedikit digunakan dalam menyuplai karena biaya pengoperasiannya yang paling mahal. Yang kedua unit pembangkit dengan bahan bakar *Coal*. Dari tabel diatas, permintaan beban pada jam 24 malam sudah sesuai dan mengeluarkan biaya total sebesar 27324,8186$/Mbtu.



Gambar 4.1Grafik Hasil Prioritas Penggunaan Bahan Bakar pada 6 Sampel

Dari 6 sampel yang telah dijelaskan pada Tabel 4.1 sampai Tabel 4.6hasil yang didapat melewati proses iterasi sebanyak 200 kali untuk mencapai solusi terbaik. Selama mencari solusi yang dilakukan oleh lebah pekerja, lebah pengintai menunggu diinformasikan untuk menyeleksi berdasarkan nilai probabilitasnya. Karena dalam pencarian solusi dengan secara acak maka hasil yang ditemukan setiap simulasi akan berbeda walaupun dengan beban total yang sama. Namun itu tidak terlalu bermasalah karena selisih yang didapat tidak terlalu jauh, sehingga data daya *output* dan biaya operasi masih dianggap valid.

Selanjutnya pada Gambar 4.1 terlihat grafik hasil prioritas penggunaan bahan bakar dari 6 sampel yang diambil bahwa penggunaan bahan bakar yang dimaksimalkan pertama adalah LWR *(nuclear)* karena bahan bakar ini memiliki harga paling murah dalam melakukan pembangkitannya. Bahan bakar selanjutnya yang dimaksimalkan adalah *Coal* (batu bara), *#6 Oil*, dan terakhir bahan bakar *#2 Oil*karena miliki biaya operasi paling mahal. Tujuan dari urutan diatas adalah menekan biaya operasi agar seminimal mungkin dan tetap dapat menyuplai beban dengan optimal.

4.2 Hasil Simulasi Beban 24 Jam

Pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 merupakan hasil keluaran simulasi penyelesaian ED menggunakan algoritma ABC yang diuji coba pada sistem IEEE 24 bus dengan 26 unit pembangkit termal yang menampilkan data daya *output* setiap unit pembangkit selama 24 jam ditunjukkan pada Tabel 4.7 dan pada Tabel 4.8 data biaya operasi setiap unit pembangkit selama 24 jam.

Tabel4.7 Hasil Daya *Output* Tiap Unit Selama 24 Jam (MW)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	2,8	6	3,1	2,4	3,4	4	4	4	4	66,2	29,8	36,5	15,2	38,4	29,3	47,2	58,8	77,8	54,3	71,3	78	69	69	216,1	364,3	345,6
2	5,4	4,1	4,5	2,4	3,7	4	4	5,4	4	15,4	38,7	63	32,7	55	27	25,6	92,3	56,7	54,9	107	69	91,6	72	223	314	354
3	2,6	2,4	2,4	2,4	2,4	4	4	4	4	45,9	32	35	17,5	25	58,7	31,9	66,7	66	77,3	67,1	70	70	78	228,7	324,4	368,6
4	2,8	6	3,1	2,4	3,4	4	4	4	4	66,2	29,8	36,5	15,2	38,4	29,3	47,2	58,8	77,8	54,3	71,3	78	69	69	216,1	364,3	345,6
5	2,9	3,1	2,4	2,4	2,5	6	4	4	4	60	16,8	25	31,1	60	60,2	26	70,3	77,5	74,2	81,2	75,7	69	95,4	200	348,3	347,2
6	10,2	4,3	2,4	2,4	2,4	4	4	10,6	6	26,7	26,6	31,8	76	51,4	34,9	37,5	114,6	79,5	62,9	63,9	94,9	69,4	73,4	232,7	387,7	339
7	2,6	2,4	2,4	2,6	2,4	4	4	13	6,1	58	21,2	48	50	30	31	27	88,6	63	78,5	54,3	80	115	96,5	322,5	400	397
8	2,9	5,1	2,4	2,4	2,4	6	9,4	4	4	76	64,1	65	76	80,8	73,6	62,2	108	78,2	155	122,1	123,4	105	91,3	312	400	400
9	4,2	7,8	2,6	2,4	2,4	14	5	12,7	4	72,1	58	63,6	32,8	95,5	59,5	83,9	139,6	155	155	106	164,7	85	76	338,3	400	400
10	4,4	5,8	2,4	4,9	6	4	7	4	13	65,4	51,9	75	76	100	68,7	61,5	136	141,8	155	155	102,6	126	138	314	382	400
11	4,5	7,8	7,1	2,4	2,4	4	4	7	12	76	76	76	57,7	93	84	59	155	155	110	155	137	172	91,7	350	399	371
12	5	5,7	2,4	2,4	2,4	10	6	5	4	52	76	76	24,5	51,5	90	94,7	155	146,2	155	103,1	141,6	104,8	124,9	350	400	400
13	5	5,7	2,4	2,4	2,4	10	6	5	4	52	76	76	24,5	51,5	90	94,7	155	146,2	155	103,1	141,6	104,8	124,9	350	400	400
14	4	2,9	5,5	2,4	2,4	6	4	4	4	66	47	76	73,6	55,3	89	62	155	117,8	141,9	155	149,7	100,9	119	350	355,2	400
15	2,5	12	7,9	2,4	8,9	4	20	4	11,3	48,8	40	76	68	87	100	80	128,7	155	155	134,8	91,4	74,1	157	350	400	400
16	2,7	3,2	2,4	2,4	2,4	5	17	4	4	76	74	76	69,2	100	62,8	100	150	138,7	155	140,4	125,2	90,3	141	340	400	368
17	4	2,9	5,5	2,4	2,4	6	4	4	4	66	47	76	73,6	55,3	89	62	155	117,8	141,9	155	149,7	100,9	119	350	355,2	400
18	7,9	4,7	2,4	10,8	2,4	4	4	12	4	33	76	62	76	94,6	100	73,6	147	140	105	127,6	101	106,8	108,3	350	377	400
19	6,9	6,5	4,7	2,4	5,4	4	4	4	6,5	76	76	76	76	67,6	89,5	56,4	155	155	103,5	152	92,2	145,4	78	350	400	307
20	4	2,9	5,5	2,4	2,4	6	4	4	4	66	47	76	73,6	55,3	89	62	155	117,8	141,9	155	149,7	100,9	119	350	355,2	400
21	4,4	5,8	2,4	4,9	6	4	7	4	13	65,4	51,9	75	76	100	68,7	61,5	136	141,8	155	155	102,6	126	138	314	382	400
22	5,1	3,3	2,4	2,4	2,4	4	4,2	4	5	27	76	42,5	76	93,2	100	75,7	114	155	120	133,6	100	90	151,5	313	400	379,5
23	4,5	2,4	3,5	2,4	2,4	4	4	4	4	43	41,1	30,5	53	77,8	100	74	98	114,7	144,1	95,7	71,6	89,1	92,9	329,2	385,1	329
24	3	4	2,4	2,4	2,4	4	4	4	4	20,9	39,9	35,1	18	25,8	36,1	26	85,9	122,4	127,9	68,5	154,6	69	71	202	335,6	371,8

Keterangan : Kolom = waktu (jam)

Baris = jumlah daya *output* tiap unit pembangkit

Tabel4.8Hasil Biaya Operasi Tiap Unit Selama 24 Jam ($)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	TOTAL
1	97	178	105	87	113	268	269	270	271	1001	487	582	288	919	754	1090	788	1005	740	936	2060	1866	1872	2595	3297	3138	25077
2	163	131	141	87	121	268	269	322	271	288	611	967	530	1232	718	689	1169	765	748	1348	1857	2397	1945	2673	2854	3212	25777
3	91	86	87	87	88	268	269	270	273	711	517	555	320	672	1301	806	877	871	1002	887	1871	1887	2086	2741	2945	3342	24908
4	97	178	105	87	113	268	269	270	271	1001	487	582	288	919	754	1090	788	1005	740	936	2060	1866	1872	2595	3297	3138	25077
5	99	104	87	87	90	341	269	270	271	1145	308	424	508	1327	1331	703	974	1002	967	1049	2014	1865	2498	2745	2770	3099	26344
6	287	134	87	87	88	268	281	521	364	443	443	517	1154	1159	857	911	1429	1025	838	851	2464	1875	1978	2788	3506	3080	27435
7	91	86	87	93	88	268	269	594	352	1025	369	766	798	675	735	678	1127	1013	1246	742	1923	2954	2524	3839	3617	3325	29283
8	98	156	87	87	88	325	473	270	271	1145	974	984	1154	1712	1583	1374	1348	1009	1923	1530	3137	2714	2400	3716	3617	3625	35798
9	131	227	92	87	88	652	305	599	271	1087	881	970	532	1994	1318	1787	1726	1918	1923	1341	4118	2252	2027	4026	3617	3625	37593
10	137	175	87	152	181	268	392	270	609	991	798	1131	1154	2080	1491	1361	1686	1758	1923	1928	2647	3212	3512	3734	3455	3625	38755
11	139	225	211	87	88	268	269	380	594	1145	1148	1151	886	1937	1790	1314	1912	1918	1387	1928	3467	4310	2409	4166	3611	3365	40102
12	154	171	87	87	88	511	348	325	271	803	1148	1151	416	1162	1904	1995	1912	1811	1923	1305	3568	2710	3199	4166	3617	3625	38455
13	154	171	87	87	88	511	348	325	271	803	1148	1151	416	1162	1904	1995	1912	1811	1923	1305	3568	2710	3199	4166	3617	3625	38455
14	135	99	167	87	88	355	269	270	271	1002	735	1151	1119	1232	1877	1379	1912	1471	1764	1928	3760	2617	3049	4166	3216	3625	37745
15	88	336	230	87	260	268	876	270	550	752	634	1151	1031	1837	2090	1722	1596	1918	1923	1683	2384	1986	3978	4166	3617	3625	39057
16	94	106	87	87	88	305	769	270	271	1145	1119	1151	1053	2080	1379	2099	1853	1721	1923	1750	3179	2366	3591	4042	3617	3337	39483
17	135	99	167	87	88	355	269	270	271	1002	735	1151	1119	1232	1877	1379	1912	1471	1764	1928	3760	2617	3049	4166	3216	3625	37745
18	227	146	87	308	88	268	269	557	271	528	1148	941	1154	1976	2090	1591	1820	1736	1327	1595	2617	2755	2804	4166	3409	3625	37503
19	202	192	145	87	167	268	269	270	367	1145	1148	1151	1154	1463	1887	1264	1912	1918	1306	1894	2403	3674	2081	4166	3617	2799	36948
20	135	99	167	87	88	355	269	270	271	1002	735	1151	1119	1232	1877	1379	1912	1471	1764	1928	3760	2617	3049	4166	3216	3625	37745
21	137	175	87	152	181	268	392	270	609	991	798	1131	1154	2080	1491	1361	1686	1758	1923	1928	2647	3212	3512	3734	3455	3625	38755
22	155	109	87	87	88	268	278	270	327	445	1148	667	1154	1950	2090	1630	1422	1918	1501	1667	2595	2349	3836	3726	3617	3440	36823
23	141	86	114	87	88	268	284	270	278	664	646	497	822	1656	2090	1598	1235	1435	1790	1218	1920	2339	2439	3919	3483	2987	32353
24	96	128	87	87	88	268	269	270	271	364	629	563	322	687	879	687	1095	1525	1595	903	3876	1865	1921	2438	3043	3371	27325
TOTAL BIAYA PEMBANGKITAN 24 JAM																											814541

Keterangan : Kolom = waktu (24 jam)

Baris = jumlah biaya tiap unit pembangkit

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

4.3 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitianyang telah dilakukan pada sistem operasi *IEEE* 26 unit pembangkit termal, dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Hasil penelitian menunjukan bahan bakar LWR selalu dimaksimalkan penggunaannya dalam pengoperasian pembangkitan yaitu sebesar 800 MW setiap jamnya karena bahan bakar LWR memiliki biaya operasi paling murah dibanding bahan bakar lainnya.
2. Sebaliknya pada bahan bakar *#2 Oil*digunakan seminimal mungkin sebesar 16 MW setiap jamnya karena biaya operasinya yang paling mahal.
3. Urutan dalam penggunakan bahan bakar pada penelitian ini yaitu LWR, *coal*, *#6 Oil*, dan *#2 Oil* guna menekan biaya operasi pembangkitan.
4. Metode algoritma ABC mampu memecahkan masalah ED dengan baik dan mendapatkan hasil biaya operasi paling ekonomis sebesar 814541 $/Mbtu dengan membangkitkan daya sebesar 54910 MWh.

4.4 Saran

1. Dalam penelitian selanjutnya perhitungan menambahkan variabel rugi-rugi daya pada transmisi agar hasilnya lebih akurat.
2. Menambahkan kekangan CO_2 pada pembangkitan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Mahatmya, A. Alkaff, J. T. Elektro, and F. T. Industri, "Implementasi Algoritma Ant Colony Optimization Untuk Menyelesaikan Permasalahan Dynamic Economic Dispatch Dengan Memperhatikan Rugi- Rugi Daya Transmisi dan Valve Point Effect Atya," vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2012.

[2] J. T. Elektro, "Optimisasi Dynamic Economic Dispatch Menggunakan Algoritma Artificial Bee Colony," vol. 13, Number, pp. 23–28, 2015.

[3] K. S. Swarup, "Ant Colony Optimization for Economic Generator Scheduling and Load Dispatch," vol. 2005, pp. 167–175, 2005.

[4] J. Sun, V. Palade, S. Member, X. Wu, W. Fang, and Z. Wang, "Solving the Power Economic Dispatch Problem With Generator Constraints by Random Drift Particle Swarm Optimization," vol. 10, no. 1, pp. 222–232, 2014.

[5] D. A. R. Wati, *Teknik Optimasi Berbasis SWARM Intelligence: konsep dan aplikasinya*, I. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia, 2017.

[6] Y. A. Priatna, J. T. Elektro, F. T. Industri, and U. I. Indonesia, "ECONOMIC DISPATCH UNIT PEMBANGKIT TERMAL MEMPERHITUNGKAN KEKANGAN EMISI LINGKUNGAN MENGGUNAKAN METODE DIFFERENTIAL EVOLUTIONARY ALGORITHM (DEA)," 2018.

[7] J. Teknik, E. Fakultas, and U. G. Mada, "PENJADWALAN UNIT PEMBANGKIT TERMAL," 2009.

LAMPIRAN

Hasil simulasi ABC dalam permasalahan ED pada beban 24 jam

1. Jam ke 1, dengan total beban yang harus disuplai 1700 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	2,8	96,5992
2.		2,4	12	6,0	178,2596
3.		2,4	12	3,1	104,9337
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	3,4	113,4972
6.	#2 Oil	4	20	4	268,1509
7.		4	20	4	268,9649
8.		4	20	4	269,7830
9.		4	20	4	270,9006
10.	Coal	15,2	76	66,2	1001,1410
11.		15,2	76	29,8	486,9837
12.		15,2	76	36,5	581,8358
13.		15,2	76	15,2	287,5702
14.	#6 Oil	25	100	38,4	918,5296
15.		25	100	29,3	754,4566
16.		25	100	47,2	1090,2557
17.	Coal	54,25	155	58,8	787,6208
18.		54,25	155	77,8	1005,4060
19.		54,25	155	54,3	739,9400
20.		54,25	155	71,3	935,9276
21.	#6 Oil	68,95	197	78	2060,1730
22.		68,95	197	69,0	1865,6965
23.		68,95	197	69	1872,3193
24.	Coal	140	350	216,1	2595,2394
25.	LWR	100	400	364,3	3297,1741
26.		100	400	345,6	3138,1490
TOTAL				1700	25076,6678

2. Jam ke 2, dengan total beban yang harus disuplai 1730 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	5,4	163,2610
2.		2,4	12	4,1	130,5393
3.		2,4	12	4,5	141,3158
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	3,7	121,2620
6.	#2 Oil	4	20	4,0	268,1509
7.		4	20	4,0	268,9649
8.		4	20	5,4	322,0975
9.		4	20	4	270,6083
10.	Coal	15,2	76	15,4	288,1949
11.		15,2	76	38,7	611,4006
12.		15,2	76	63	966,8968
13.		15,2	76	32,7	529,6183
14.	#6 Oil	25	100	55	1232,0440
15.		25	100	27	718,0179
16.		25	100	25,6	688,6480
17.	Coal	54,25	155	92,3	1169,0128
18.		54,25	155	56,7	765,2591
19.		54,25	155	54,9	747,7146
20.		54,25	155	107	1348,3532
21.	#6 Oil	68,95	197	69	1857,2941
22.		68,95	197	91,6	2397,1230
23.		68,95	197	72,0	1944,7661
24.	Coal	140	350	223	2673,2606
25.	LWR	100	400	314,0	2854,1212
26.		100	400	354	3212,1661
TOTAL				1730	25777,2516

3. Jam ke 3, dengan total beban yang harus disuplai 1690 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	2,6	90,5923
2.		2,4	12	2,4	86,1843
3.		2,4	12	2,4	86,7260
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	2,4	87,5993
6.	#2 Oil	4	20	4	268,1509
7.		4	20	4	268,9649

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
8.		4	20	4	269,7830
9.		4	20	4	272,5230
10.	Coal	15,2	76	45,9	710,7625
11.		15,2	76	32,0	517,2624
12.		15,2	76	35	554,8271
13.		15,2	76	17,5	319,7338
14.	#6 Oil	25	100	25,0	671,7890
15.		25	100	58,7	1300,9905
16.		25	100	31,9	805,6777
17.	Coal	54,25	155	66,7	876,9031
18.		54,25	155	66,0	871,2601
19.		54,25	155	77,3	1002,1044
20.		54,25	155	67,1	887,1627
21.	#6 Oil	68,95	197	70	1871,2515
22.		68,95	197	70	1887,3256
23.		68,95	197	78,0	2086,1145
24.	Coal	140	350	228,7	2740,5757
25.	LWR	100	400	324,4	2944,5284
26.		100	400	368,6	3342,4885
TOTAL				1690	24908,4415

4. Jam ke 4, dengan total beban yang harus disuplai 1700 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	2,8	96,5992
2.		2,4	12	6,0	178,2596
3.		2,4	12	3,1	104,9337
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	3,4	113,4972
6.	#2 Oil	4	20	4	268,1509
7.		4	20	4	268,9649
8.		4	20	4	269,7830
9.		4	20	4	270,9006
10.	Coal	15,2	76	66,2	1001,1410
11.		15,2	76	29,8	486,9837
12.		15,2	76	36,5	581,8358
13.		15,2	76	15,2	287,5702
14.	#6 Oil	25	100	38,4	918,5296

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
15.		25	100	29,3	754,4566
16.		25	100	47,2	1090,2557
17.	Coal	54,25	155	58,8	787,6208
18.		54,25	155	77,8	1005,4060
19.		54,25	155	54,3	739,9400
20.		54,25	155	71,3	935,9276
21.	#6 Oil	68,95	197	78	2060,1730
22.		68,95	197	69,0	1865,6965
23.		68,95	197	69	1872,3193
24.	Coal	140	350	216,1	2595,2394
25.	LWR	100	400	364,3	3297,1741
26.		100	400	345,6	3138,1490
TOTAL				1700	25076,6678

5. Jam ke 5, dengan total beban yang harus disuplai 1750 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	2,9	98,7859
2.		2,4	12	3,1	103,5356
3.		2,4	12	2,4	86,7260
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	2,5	89,6001
6.	#2 Oil	4	20	6	341,3212
7.		4	20	4,0	268,9649
8.		4	20	4	269,7830
9.		4	20	4	270,9415
10.	Coal	15,2	76	76,0	1144,6014
11.		15,2	76	16,8	307,6799
12.		15,2	76	25	424,3800
13.		15,2	76	31,1	507,6680
14.	#6 Oil	25	100	60	1326,7326
15.		25	100	60,2	1330,7188
16.		25	100	26	702,8756
17.	Coal	54,25	155	75,3	974,0997
18.		54,25	155	77,5	1002,2906
19.		54,25	155	74,2	966,8535
20.		54,25	155	81,2	1048,8024
21.	#6 Oil	68,95	197	75,7	2014,4275

22.		68,95	197	69,0	1864,7547
23.		68,95	197	95,4	2497,5186
24.	Coal	140	350	229,0	2745,1179
25.	LWR	100	400	304,3	2769,6306
26.		100	400	341,2	3098,8409
TOTAL				1750	26343,8112

6. Jam ke 6, dengan total beban yang harus disuplai 1850 MW

No.	**Jenis Bahan bakar**	**P_{min} (MW)**	**P_{max} (MW)**	**P_{out} (MW)**	**Biaya *($/Mbtu)***
1.	#6 Oil	2,4	12	10,2	287,0655
2.		2,4	12	4,3	134,1708
3.		2,4	12	2,4	86,7260
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	2,4	87,5993
6.	#2 Oil	4	20	4,0	268,1509
7.		4	20	4	281,1476
8.		4	20	10,6	521,2869
9.		4	20	6	364,4810
10.	Coal	15,2	76	26,7	442,6473
11.		15,2	76	26,6	443,4358
12.		15,2	76	31,8	516,5077
13.		15,2	76	76,0	1154,4130
14.	#6 Oil	25	100	51,4	1159,0594
15.		25	100	34,9	857,0987
16.		25	100	37,5	910,5539
17.	Coal	54,25	155	114,6	1428,6819
18.		54,25	155	79,5	1024,5354
19.		54,25	155	62,9	837,9641
20.		54,25	155	63,9	850,9966
21.	#6 Oil	68,95	197	94,9	2464,2768
22.		68,95	197	69,4	1875,1138
23.		68,95	197	73,4	1978,2690
24.	Coal	140	350	232,7	2787,7650
25.	LWR	100	400	387,7	3506,0888
26.		100	400	339,0	3079,9565
TOTAL				1850	27435,1524

7. Jam ke 7, dengan total beban yang harus disuplai 2000 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	2,6	90,9519
2.		2,4	12	2,4	86,1843
3.		2,4	12	2,4	86,7260
4.		2,4	12	2,6	92,9237
5.		2,4	12	2,4	87,5993
6.	#2 Oil	4	20	4	268,1509
7.		4	20	4,0	268,9649
8.		4	20	13	593,8846
9.		4	20	6,1	351,8510
10.	Coal	15,2	76	67,8	1025,2958
11.		15,2	76	21,2	368,5046
12.		15,2	76	49,5	766,0234
13.		15,2	76	51,5	797,5009
14.	#6 Oil	25	100	25	675,4654
15.		25	100	28,3	734,9827
16.		25	100	25,0	677,5127
17.	Coal	54,25	155	88,6	1127,0303
18.		54,25	155	78,5	1013,2786
19.		54,25	155	98,4	1246,0300
20.		54,25	155	54,3	741,5677
21.	#6 Oil	68,95	197	72	1923,0648
22.		68,95	197	115	2953,8501
23.		68,95	197	96,5	2523,9877
24.	Coal	140	350	322,5	3838,9890
25.	LWR	100	400	400,0	3617,2421
26.		100	400	366,7	3325,4672
TOTAL				2000	29283,0296

8. Jam ke 8, dengan total beban yang harus disuplai 2430 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	2,9	97,7335
2.		2,4	12	5,1	156,0143

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
3.		2,4	12	2,4	86,8716
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	2,4	87,5993
6.	#2 Oil	4	20	6	324,8242
7.		4	20	9,4	472,8277
8.		4	20	4	269,7830
9.		4	20	4,0	270,6083
10.	Coal	15,2	76	76,0	1144,6014
11.		15,2	76	64,1	973,8219
12.		15,2	76	65	984,2023
13.		15,2	76	76	1154,4130
14.	#6 Oil	25	100	80,8	1712,1036
15.		25	100	73,6	1582,8247
16.		25	100	62,2	1373,5036
17.	Coal	54,25	155	108	1348,3549
18.		54,25	155	78,2	1009,3582
19.		54,25	155	155,0	1923,0667
20.		54,25	155	122,1	1529,6511
21.	#6 Oil	68,95	197	123,4	3136,5381
22.		68,95	197	105,0	2713,8547
23.		68,95	197	91,3	2399,9357
24.	Coal	140	350	312	3716,0798
25.	LWR	100	400	400,0	3617,2421
26.		100	400	400	3625,1502
TOTAL				2430	35798,1242

9. Jam ke 9, dengan total beban yang harus disuplai 2540 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	4,2	131,4080
2.		2,4	12	7,8	227,0403
3.		2,4	12	2,6	92,0642
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	2,4	87,5993
6.	#2 Oil	4	20	14	652,2328
7.		4	20	5,0	305,0670
8.		4	20	12,7	599,0157
9.		4	20	4	270,6083

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
10.	Coal	15,2	76	72,1	1087,4048
11.		15,2	76	58	881,1637
12.		15,2	76	63,6	969,5479
13.		15,2	76	32,8	532,0198
14.	#6 Oil	25	100	95,5	1994,2424
15.		25	100	59,5	1317,5254
16.		25	100	83,9	1787,3978
17.	Coal	54,25	155	139,6	1725,6679
18.		54,25	155	155,0	1917,5541
19.		54,25	155	155,0	1923,0667
20.		54,25	155	106	1340,5649
21.	#6 Oil	68,95	197	164,7	4117,6067
22.		68,95	197	85	2251,6339
23.		68,95	197	76	2026,8686
24.	Coal	140	350	338,3	4026,4737
25.	LWR	100	400	400	3617,2421
26.		100	400	400	3625,1502
TOTAL				2540	37593,3268

10. Jam ke 10, dengan total beban yang harus disuplai 2600 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	4,4	136,8217
2.		2,4	12	5,8	175,0989
3.		2,4	12	2,4	86,7260
4.		2,4	12	4,9	151,6476
5.		2,4	12	6,0	181,0991
6.	#2 Oil	4	20	4	268,1509
7.		4	20	7	391,6814
8.		4	20	4,0	269,7830
9.		4	20	13	608,9486
10.	Coal	15,2	76	65,4	990,5947
11.		15,2	76	51,9	797,8989
12.		15,2	76	75	1130,7048
13.		15,2	76	76,0	1154,4130
14.	#6 Oil	25	100	100,0	2080,1952
15.		25	100	68,7	1491,3857
16.		25	100	61,5	1360,5306

17.	Coal	54,25	155	136	1685,9091
18.		54,25	155	141,8	1757,8855
19.		54,25	155	155	1923,0667
20.		54,25	155	155	1928,1355
21.	#6 Oil	68,95	197	102,6	2646,8493
22.		68,95	197	126,0	3212,2440
23.		68,95	197	138	3511,8538
24.	Coal	140	350	314	3733,7783
25.	LWR	100	400	382	3454,6102
26.		100	400	400,0	3625,1502
TOTAL				2600	38755,1626

11. Jam ke 11, dengan total beban yang harus disuplai 2670 MW

No.	**Jenis Bahan bakar**	**P_{min} (MW)**	**P_{max} (MW)**	**P_{out} (MW)**	**Biaya *($/Mbtu)***
1.	#6 Oil	2,4	12	4,5	139,4531
2.		2,4	12	7,8	225,4174
3.		2,4	12	7,1	210,5332
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	2,4	87,5993
6.	#2 Oil	4	20	4,0	268,1509
7.		4	20	4,0	268,9649
8.		4	20	7	379,8671
9.		4	20	12	593,6479
10.	Coal	15,2	76	76,0	1144,6014
11.		15,2	76	76	1147,8820
12.		15,2	76	76	1150,9437
13.		15,2	76	57,7	885,8681
14.	#6 Oil	25	100	93	1937,0362
15.		25	100	84	1789,8269
16.		25	100	59	1313,5068
17.	Coal	54,25	155	155	1911,5406
18.		54,25	155	155	1917,5541
19.		54,25	155	110	1387,1294
20.		54,25	155	155	1928,1355
21.	#6 Oil	68,95	197	137	3467,4831
22.		68,95	197	172,0	4309,6265
23.		68,95	197	91,7	2408,8096
24.	Coal	140	350	350,0	4166,0425
25.	LWR	100	400	399	3610,7561

26.		100	400	371	3364,8024
TOTAL				2670	40102,3391

12. Jam ke 12, dengan total beban yang harus disuplai 2590 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	5,0	153,7522
2.		2,4	12	5,7	171,2263
3.		2,4	12	2,4	86,7260
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	2,4	87,5993
6.	#2 Oil	4	20	10	510,7899
7.		4	20	6	347,8166
8.		4	20	5	325,0424
9.		4	20	4	270,6083
10.	Coal	15,2	76	52	802,5647
11.		15,2	76	76,0	1147,8820
12.		15,2	76	76	1150,9437
13.		15,2	76	24,5	415,5790
14.	#6 Oil	25	100	51,5	1162,2847
15.		25	100	90	1903,9886
16.		25	100	94,7	1995,1746
17.	Coal	54,25	155	155,0	1911,5406
18.		54,25	155	146,2	1810,8010
19.		54,25	155	155,0	1923,0667
20.		54,25	155	103,1	1304,8444
21.	#6 Oil	68,95	197	141,6	3568,2376
22.		68,95	197	104,8	2710,1367
23.		68,95	197	124,9	3199,1064
24.	Coal	140	350	350,0	4166,0425
25.	LWR	100	400	400	3617,2421
26.		100	400	400	3625,1502
TOTAL				2590	38455,3067

13. Jam ke 13, dengan total beban yang harus disuplai 2590 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	5,0	153,7522
2.		2,4	12	5,7	171,2263
3.		2,4	12	2,4	86,7260
4.		2,4	12	2,4	87,1605

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
5.		2,4	12	2,4	87,5993
6.	#2 Oil	4	20	10	510,7899
7.		4	20	6	347,8166
8.		4	20	5	325,0424
9.		4	20	4	270,6083
10.	Coal	15,2	76	52	802,5647
11.		15,2	76	76,0	1147,8820
12.		15,2	76	76	1150,9437
13.		15,2	76	24,5	415,5790
14.	#6 Oil	25	100	51,5	1162,2847
15.		25	100	90	1903,9886
16.		25	100	94,7	1995,1746
17.	Coal	54,25	155	155,0	1911,5406
18.		54,25	155	146,2	1810,8010
19.		54,25	155	155,0	1923,0667
20.		54,25	155	103,1	1304,8444
21.	#6 Oil	68,95	197	141,6	3568,2376
22.		68,95	197	104,8	2710,1367
23.		68,95	197	124,9	3199,1064
24.	Coal	140	350	350,0	4166,0425
25.	LWR	100	400	400	3617,2421
26.		100	400	400	3625,1502
TOTAL				2590	38455,3067

14. Jam ke 14, dengan total beban yang harus disuplai 2550 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	4	135,0808
2.		2,4	12	2,9	98,7342
3.		2,4	12	5,5	167,2982
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	2,4	87,5993
6.	#2 Oil	4	20	6	355,0258
7.		4	20	4	268,9649
8.		4	20	4	269,7830
9.		4	20	4	270,6083
10.	Coal	15,2	76	66	1001,8481
11.		15,2	76	47	735,1636
12.		15,2	76	76	1150,9437

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
13.		15,2	76	73,6	1119,4198
14.	#6 Oil	25	100	55,3	1232,3868
15.		25	100	89,0	1877,3885
16.		25	100	62	1379,3679
17.	Coal	54,25	155	155,0	1911,5406
18.		54,25	155	117,8	1470,9230
19.		54,25	155	141,9	1763,9384
20.		54,25	155	155,0	1928,1355
21.	#6 Oil	68,95	197	149,7	3760,3909
22.		68,95	197	100,9	2617,0254
23.		68,95	197	119	3048,6331
24.	Coal	140	350	350,0	4166,0425
25.	LWR	100	400	355,2	3216,0103
26.		100	400	400	3625,1502
TOTAL				2550	37744,5631

15. Jam ke 15, dengan total beban yang harus disuplai 2620 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	2,5	88,0692
2.		2,4	12	12,0	336,3292
3.		2,4	12	7,9	229,9970
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	8,9	259,9892
6.	#2 Oil	4	20	4	268,1509
7.		4	20	20,0	876,3726
8.		4	20	4	269,7830
9.		4	20	11,3	549,6654
10.	Coal	15,2	76	48,8	752,0039
11.		15,2	76	40	634,3556
12.		15,2	76	76	1150,9437
13.		15,2	76	68	1030,7991
14.	#6 Oil	25	100	87	1836,5807
15.		25	100	100	2089,5350
16.		25	100	80	1722,1010
17.	Coal	54,25	155	128,7	1595,5322
18.		54,25	155	155,0	1917,5541
19.		54,25	155	155	1923,0667

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
20.		54,25	155	134,8	1682,5383
21.	#6 Oil	68,95	197	91,4	2383,5401
22.		68,95	197	74,1	1986,2708
23.		68,95	197	157	3977,8527
24.	Coal	140	350	350,0	4166,0425
25.	LWR	100	400	400	3617,2421
26.		100	400	400	3625,1502
TOTAL				2620	39056,6258

16. Jam ke 16, dengan total beban yang harus disuplai 2650 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	2,7	93,8725
2.		2,4	12	3,2	106,4995
3.		2,4	12	2,4	86,7260
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	2,4	87,5993
6.	#2 Oil	4	20	5	304,8891
7.		4	20	17	769,3151
8.		4	20	4,0	269,7830
9.		4	20	4	270,6083
10.	Coal	15,2	76	76,0	1144,6014
11.		15,2	76	74	1119,0626
12.		15,2	76	76,0	1150,9437
13.		15,2	76	69,2	1053,4033
14.	#6 Oil	25	100	100	2080,1952
15.		25	100	62,8	1379,1867
16.		25	100	100	2098,5752
17.	Coal	54,25	155	150	1853,4603
18.		54,25	155	138,7	1720,6677
19.		54,25	155	155,0	1923,0667
20.		54,25	155	140,4	1750,4408
21.	#6 Oil	68,95	197	125,2	3179,1682
22.		68,95	197	90,3	2366,4921
23.		68,95	197	141	3590,5908
24.	Coal	140	350	340	4042,2818
25.	LWR	100	400	400	3617,2421
26.		100	400	368	3336,9742

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
TOTAL				2650	39482,8

17. Jam ke 17, dengan total beban yang harus disuplai 2550 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	4	135,0808
2.		2,4	12	2,9	98,7342
3.		2,4	12	5,5	167,2982
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	2,4	87,5993
6.	#2 Oil	4	20	6	355,0258
7.		4	20	4	268,9649
8.		4	20	4	269,7830
9.		4	20	4	270,6083
10.	Coal	15,2	76	66	1001,8481
11.		15,2	76	47	735,1636
12.		15,2	76	76	1150,9437
13.		15,2	76	73,6	1119,4198
14.	#6 Oil	25	100	55,3	1232,3868
15.		25	100	89,0	1877,3885
16.		25	100	62	1379,3679
17.	Coal	54,25	155	155,0	1911,5406
18.		54,25	155	117,8	1470,9230
19.		54,25	155	141,9	1763,9384
20.		54,25	155	155,0	1928,1355
21.	#6 Oil	68,95	197	149,7	3760,3909
22.		68,95	197	100,9	2617,0254
23.		68,95	197	119	3048,6331
24.	Coal	140	350	350,0	4166,0425
25.	LWR	100	400	355,2	3216,0103
26.		100	400	400	3625,1502
TOTAL				2550	37744,5631

18. Jam ke 18, dengan total beban yang harus disuplai 2530 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	7,9	227,3116
2.		2,4	12	4,7	146,2159
3.		2,4	12	2,4	86,7260
4.		2,4	12	10,8	308,0141
5.		2,4	12	2,4	87,5993
6.	#2 Oil	4	20	4,0	268,1509
7.		4	20	4,0	268,9649
8.		4	20	12	557,0059
9.		4	20	4,0	270,6083
10.	Coal	15,2	76	33	528,4311
11.		15,2	76	76,0	1147,8820
12.		15,2	76	62	940,5993
13.		15,2	76	76	1154,4130
14.	#6 Oil	25	100	94,6	1976,1603
15.		25	100	100,0	2089,5350
16.		25	100	73,6	1591,4985
17.	Coal	54,25	155	147	1819,6184
18.		54,25	155	140,0	1735,7949
19.		54,25	155	105	1327,1062
20.		54,25	155	127,6	1595,4138
21.	#6 Oil	68,95	197	101	2616,5171
22.		68,95	197	106,8	2755,4285
23.		68,95	197	108,3	2804,1552
24.	Coal	140	350	350,0	4166,0425
25.	LWR	100	400	377	3408,9276
26.		100	400	400	3625,1502
TOTAL				2530	37503,2706

19. Jam ke 19, dengan total beban yang harus disuplai 2500 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	6,9	201,9873
2.		2,4	12	6,5	192,2048
3.		2,4	12	4,7	145,3081
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	5,4	166,6360
6.	#2 Oil	4	20	4	268,1509
7.		4	20	4,0	268,9649

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
8.		4	20	4	269,7830
9.		4	20	6,5	367,2357
10.	Coal	15,2	76	76,0	1144,6014
11.		15,2	76	76,0	1147,8820
12.		15,2	76	76	1150,9437
13.		15,2	76	76,0	1154,4130
14.	#6 Oil	25	100	67,6	1462,6577
15.		25	100	89,5	1887,0905
16.		25	100	56,4	1263,6329
17.	Coal	54,25	155	155,0	1911,5406
18.		54,25	155	155	1917,5541
19.		54,25	155	103,5	1306,1078
20.		54,25	155	152	1894,2557
21.	#6 Oil	68,95	197	92,2	2402,8118
22.		68,95	197	145,4	3674,3881
23.		68,95	197	78	2080,8958
24.	Coal	140	350	350	4166,0425
25.	LWR	100	400	400	3617,2421
26.		100	400	307	2798,7766
TOTAL				2500	36948,2675

20. Jam ke 20, dengan total beban yang harus disuplai 2550 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	4	135,0808
2.		2,4	12	2,9	98,7342
3.		2,4	12	5,5	167,2982
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	2,4	87,5993
6.	#2 Oil	4	20	6	355,0258
7.		4	20	4	268,9649
8.		4	20	4	269,7830
9.		4	20	4	270,6083
10.	Coal	15,2	76	66	1001,8481
11.		15,2	76	47	735,1636
12.		15,2	76	76	1150,9437
13.		15,2	76	73,6	1119,4198
14.	#6 Oil	25	100	55,3	1232,3868

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
15.		25	100	89,0	1877,3885
16.		25	100	62	1379,3679
17.	Coal	54,25	155	155,0	1911,5406
18.		54,25	155	117,8	1470,9230
19.		54,25	155	141,9	1763,9384
20.		54,25	155	155,0	1928,1355
21.	#6 Oil	68,95	197	149,7	3760,3909
22.		68,95	197	100,9	2617,0254
23.		68,95	197	119	3048,6331
24.	Coal	140	350	350,0	4166,0425
25.	LWR	100	400	355,2	3216,0103
26.		100	400	400	3625,1502
TOTAL				2550	37744,5631

21. Jam ke 21, dengan total beban yang harus disuplai 2600 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	4,4	136,8217
2.		2,4	12	5,8	175,0989
3.		2,4	12	2,4	86,7260
4.		2,4	12	4,9	151,6476
5.		2,4	12	6,0	181,0991
6.	#2 Oil	4	20	4	268,1509
7.		4	20	7	391,6814
8.		4	20	4,0	269,7830
9.		4	20	13	608,9486
10.	Coal	15,2	76	65,4	990,5947
11.		15,2	76	51,9	797,8989
12.		15,2	76	75	1130,7048
13.		15,2	76	76,0	1154,4130
14.	#6 Oil	25	100	100,0	2080,1952
15.		25	100	68,7	1491,3857
16.		25	100	61,5	1360,5306
17.	Coal	54,25	155	136	1685,9091
18.		54,25	155	141,8	1757,8855
19.		54,25	155	155	1923,0667
20.		54,25	155	155	1928,1355
21.	#6 Oil	68,95	197	102,6	2646,8493

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
22.		68,95	197	126,0	3212,2440
23.		68,95	197	138	3511,8538
24.	Coal	140	350	314	3733,7783
25.	LWR	100	400	382	3454,6102
26.		100	400	400,0	3625,1502
TOTAL				2600	38755,1626

22. Jam ke 22, dengan total beban yang harus disuplai 2480 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	5,1	154,9562
2.		2,4	12	3,3	109,1952
3.		2,4	12	2,4	86,7260
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	2,4	87,5993
6.	#2 Oil	4	20	4	268,1509
7.		4	20	4,2	277,9734
8.		4	20	4,0	269,7830
9.		4	20	5	327,2561
10.	Coal	15,2	76	27	445,1040
11.		15,2	76	76	1147,8820
12.		15,2	76	42,5	666,8074
13.		15,2	76	76,0	1154,4130
14.	#6 Oil	25	100	93,2	1949,5899
15.		25	100	100,0	2089,5350
16.		25	100	75,7	1630,1489
17.	Coal	54,25	155	114,0	1421,8087
18.		54,25	155	155,0	1917,5541
19.		54,25	155	120	1501,4582
20.		54,25	155	133,6	1667,4318
21.	#6 Oil	68,95	197	100	2595,3027
22.		68,95	197	90	2348,9716
23.		68,95	197	151,5	3835,6134
24.	Coal	140	350	313	3725,9387
25.	LWR	100	400	400	3617,2421
26.		100	400	379,5	3439,7637
TOTAL				2480	36823,3660

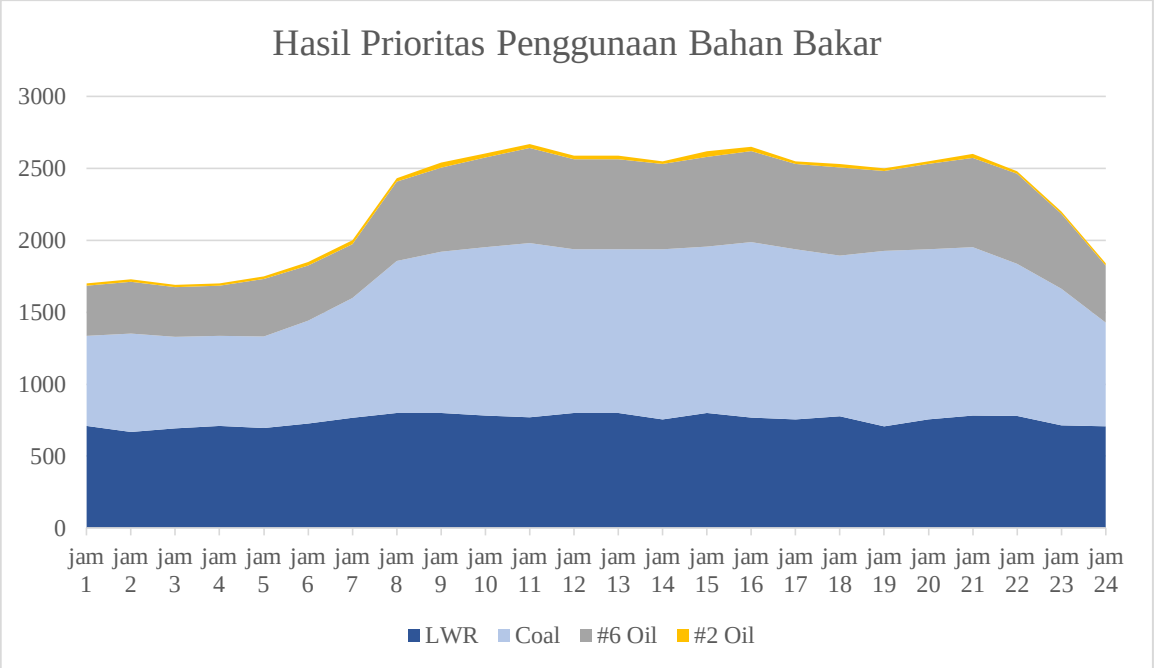
23. Jam ke 23, dengan total beban yang harus disuplai 2200 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	4,5	140,5823
2.		2,4	12	2,4	86,1843
3.		2,4	12	3,5	114,2600
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	2,4	87,5993
6.	#2 Oil	4	20	4	268,1509
7.		4	20	4	284,3625
8.		4	20	4	269,7830
9.		4	20	4	277,6588
10.	Coal	15,2	76	43	664,3766
11.		15,2	76	41,1	645,8791
12.		15,2	76	30,5	497,4230
13.		15,2	76	53	821,6824
14.	#6 Oil	25	100	77,8	1656,3719
15.		25	100	100,0	2089,5350
16.		25	100	74,0	1597,7795
17.	Coal	54,25	155	98,0	1235,2674
18.		54,25	155	114,7	1434,7386
19.		54,25	155	144,1	1790,1205
20.		54,25	155	95,7	1217,5717
21.	#6 Oil	68,95	197	71,6	1919,6341
22.		68,95	197	89,1	2339,1255
23.		68,95	197	92,9	2439,3160
24.	Coal	140	350	329,2	3919,0751
25.	LWR	100	400	385,1	3482,7278
26.		100	400	329	2987,1229
TOTAL				2200	32353,4887

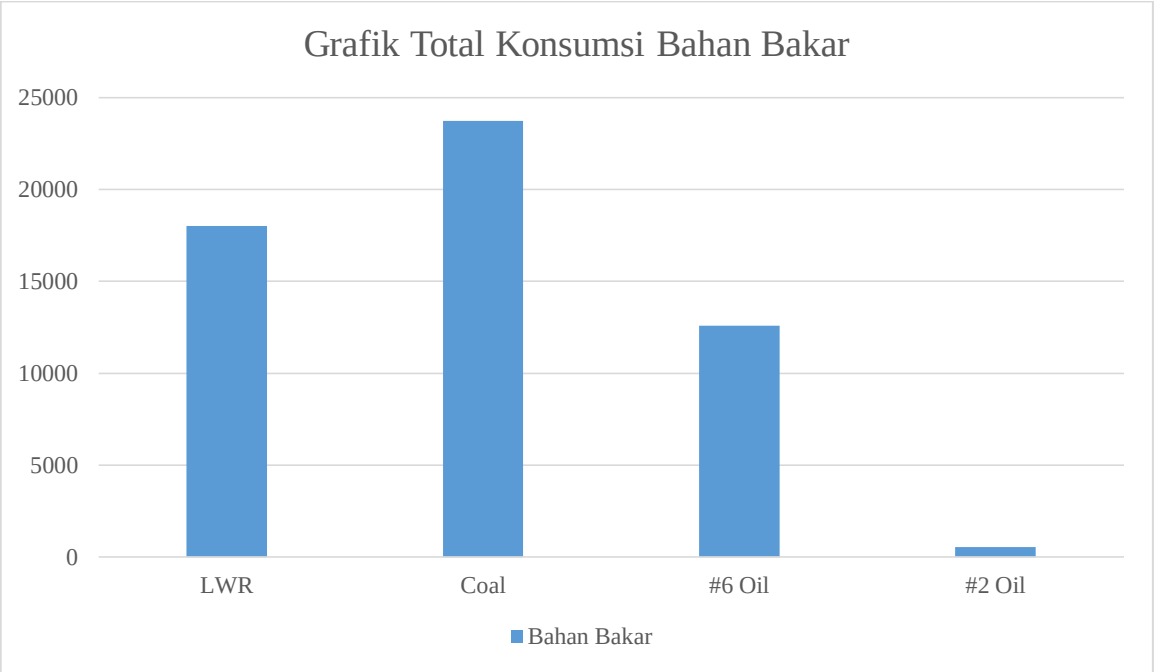
24. Jam ke 24, dengan total beban yang harus disuplai 1840 MW

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
1.	#6 Oil	2,4	12	3	95,6552
2.		2,4	12	4,0	127,7798
3.		2,4	12	2,4	86,7260
4.		2,4	12	2,4	87,1605
5.		2,4	12	2,4	87,5993

No.	Jenis Bahan bakar	P_{min} (MW)	P_{max} (MW)	P_{out} (MW)	Biaya *($/Mbtu)*
6.	#2 Oil	4	20	4	268,1509
7.		4	20	4	268,9649
8.		4	20	4	269,7830
9.		4	20	4,0	270,6083
10.	Coal	15,2	76	20,9	364,0176
11.		15,2	76	39,9	628,7476
12.		15,2	76	35,1	562,7213
13.		15,2	76	18	321,6770
14.	#6 Oil	25	100	25,8	686,7462
15.		25	100	36,1	879,2276
16.		25	100	26	687,3159
17.	Coal	54,25	155	85,9	1095,0968
18.		54,25	155	122,4	1525,0393
19.		54,25	155	127,9	1595,3457
20.		54,25	155	68,5	903,2510
21.	#6 Oil	68,95	197	154,6	3876,0120
22.		68,95	197	69	1864,7547
23.		68,95	197	71,0	1920,5060
24.	Coal	140	350	202	2438,4972
25.	LWR	100	400	335,6	3042,7585
26.		100	400	371,8	3370,6763
TOTAL				1840	27324,8186



Gambar 1. Grafik Hasil Prioritas Penggunaan Bahan Bakar Selama 24 Jam



Gambar .2 Grafik Hasil Total Konsumsi Bahan Bakar Selama 24 Jam