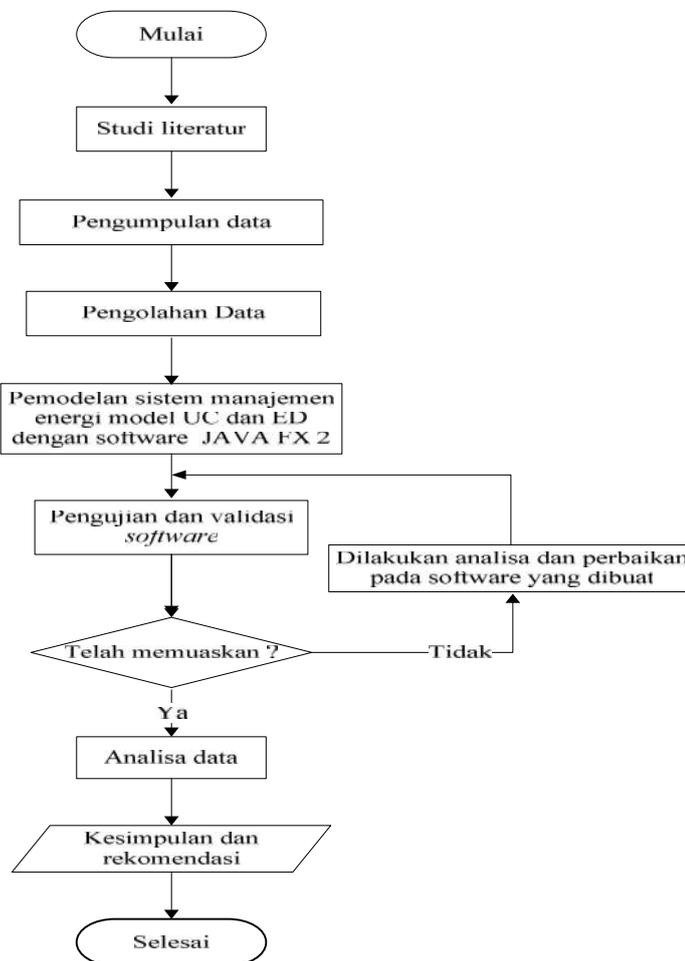


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini, diambil beberapa langkah yang tergabung menjadi sebuah metode analisis. Berikut ini adalah uraian detail langkah-langkah dalam metode analisis yang digunakan pada tugas akhir ini, yang digambarkan dalam *flowchart* sebagai berikut :



Gambar 3.1 *flowchart* metodologi penelitian studi perhitungan pembebanan ekonomis model *Economic Dispatch* dan *Unit Commitment*

3.1 Studi Literatur

Pada langkah ini, sumber-sumber informasi yang menjadi dasar ilmiah dari penelitian ini akan dikumpulkan dan dipelajari. Diantaranya berasal dari jurnal internasional, proseding dan konferensi tingkat dunia, wawancara dengan nara sumber, *handbook*, skripsi maupun makalah yang berhubungan dengan pembebanan ekonomis. Tahapan ini dilakukan dengan tujuan untuk menambah pengetahuan, sehingga dapat menguasai ilmu yang hendak digunakan untuk melakukan analisa. Pengetahuan tersebut meliputi teori tentang pembebanan ekonomis pada pembangkit termal yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU).

3.2 Pengumpulan Data

Setelah informasi dan pengetahuan ilmiah tentang permasalahan yang akan dianalisis didapatkan, langkah selanjutnya adalah pengumpulan data-data. Dalam hal ini data-data yang dikumpulkan adalah data-data yang akan digunakan dalam perhitungan dan analisa. Pengumpulan data merupakan proses pengadaan data. Data yang akan dikumpulkan harus mempunyai validitas dan reabilitas yang baik. Pada penelitian ini, pengumpulan data dilakukan dengan melakukan pencatatan parameter-parameter pada pembangkitan di PLTGU PT. PJB UP Gresik yaitu kondisi riil dilapangan pada saat operasional. Selain itu, pengumpulan data juga dilakukan dengan pengambilan data dari *uncontrol document* dan data komisioning PLTGU PT. PJB UP. Gresik. Data yang diperlukan meliputi :

- Data mesin pembangkit PLTGU PT. PJB UP Gresik.
- Data beban riil harian.
- Data Blok I, II dan III.
- Data hubungan daya keluaran unit pembangkit Gas – Uap.

3.3 Pengolahan Data dan Analisa

Setelah mendapatkan data, penulis akan mengolah data tersebut dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

a. Pengolahan data karakteristik

Pengolahan data-data unit pembangkit untuk memperoleh data karakteristik memiliki langkah-langkah sebagai berikut :

- Mengkonfigurasi unit pembangkit gas dan unit pembangkit uap

Hubungan unit-unit pembangkit gas dan uap di dalam blok dikelompokkan menjadi tiga bentuk konfigurasi.

Konfigurasi	Keterangan
1.1.1	1 unit pembangkit gas, 1 HRSG, 1 unit pembangkit uap
2.2.1	2 unit pembangkit gas, 2 HRSG, 1 unit pembangkit uap
3.3.1	3 unit pembangkit gas, 3 HRSG, 1 unit pembangkit uap

Hubungan data-data keluaran unit pembangkit gas dan uap di dalam blok pembangkit memiliki interpolasi mendekati linier sehingga bentuk persamaan yang akan digunakan adalah $y = a + bx$. Dengan menotasikan y sebagai keluaran unit pembangkit uap, P_s (MW), dan x sebagai keluaran unit pembangkit gas, P_G

(MW), persamaannya menjadi $P_S = a + b(P_G)$. pembentukan persamaan dilakukan untuk setiap bentuk konfigurasi dengan notasi a dan b merupakan konstanta yang harus dicari dengan menggunakan metode kuadrat terkecil garis.

- Pencarian nilai a dan b untuk konfigurasi 1.1.1

$$a_{1.1.1} = \frac{(\sum P_{S1.1.1})(\sum P_{G1.1.1}^2) - (\sum P_{G1.1.1})(\sum P_{G1.1.1} \sum P_{S1.1.1})}{n \sum P_{G1.1.1}^2 - (\sum P_{G1.1.1})^2}$$

$$b_{1.1.1} = \frac{n \sum P_{G1.1.1} P_{S1.1.1} - (\sum P_{G1.1.1})(\sum P_{S1.1.1})}{n \sum P_{G1.1.1}^2 - (\sum P_{G1.1.1})^2}$$

- Pencarian nilai a dan b untuk konfigurasi 2.2.1

$$a_{2.2.1} = \frac{(\sum P_{S2.2.1})(\sum P_{G2.2.1}^2) - (\sum P_{G2.2.1})(\sum P_{G2.2.1} \sum P_{S2.2.1})}{n \sum P_{G2.2.1}^2 - (\sum P_{G2.2.1})^2}$$

$$b_{2.2.1} = \frac{n \sum P_{G2.2.1} P_{S2.2.1} - (\sum P_{G2.2.1})(\sum P_{S2.2.1})}{n \sum P_{G2.2.1}^2 - (\sum P_{G2.2.1})^2}$$

- Pencarian nilai a dan b untuk konfigurasi 3.3.1

$$a_{3.3.1} = \frac{(\sum P_{S3.3.1})(\sum P_{G3.3.1}^2) - (\sum P_{G3.3.1})(\sum P_{G3.3.1} \sum P_{S3.3.1})}{n \sum P_{G3.3.1}^2 - (\sum P_{G3.3.1})^2}$$

$$b_{3.3.1} = \frac{n \sum P_{G3.3.1} P_{S3.3.1} - (\sum P_{G3.3.1})(\sum P_{S3.3.1})}{n \sum P_{G3.3.1}^2 - (\sum P_{G3.3.1})^2}$$

- Membentuk fungsi biaya unit pembangkit.

Persamaan kuadrat fungsi biaya pembangkitan dibentuk dengan metode kuadrat terkecil parabola. Notasi P_i menggantikan notasi x dan notasi F_i P_i

menggantikan notasi y pada persamaan $y = a + bx + cx^2$ sehingga persamaanya menjadi $F_i(P_i) = a + b(P_i) + c(P_i)^2$.

Persamaan untuk mencari nilai koefisien a , b dan c adalah

$$\begin{aligned} \sum F_i &= a \sum 1 + b \sum P_i + c \sum P_i^2 \\ \sum F_i P_i &= a \sum P_i + b \sum P_i^2 + c \sum P_i^3 \\ \sum F_i P_i^2 &= a \sum P_i^2 + b \sum P_i^3 + c \sum P_i^4 \\ \text{Untuk } \sum \dots &= \sum_{i=1}^n \dots_i \end{aligned}$$

$$\begin{vmatrix} n & \sum P_i & \sum P_i^2 \\ \sum P_i & \sum P_i^2 & \sum P_i^3 \\ \sum P_i^2 & \sum P_i^3 & \sum P_i^4 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a \\ b \\ c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \sum F_i \\ \sum F_i P_i \\ \sum F_i P_i^2 \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned} A \cdot X &= B \\ X &= A^{-1} \cdot B \end{aligned}$$

$$\begin{vmatrix} a \\ b \\ c \end{vmatrix} = \frac{1}{A} \begin{vmatrix} \sum P_i^2 & \sum P_i^3 \\ \sum P_i^3 & \sum P_i^4 \\ \sum P_i^3 & \sum P_i \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \sum P_i^2 & \sum P_i \\ \sum P_i^4 & \sum P_i^2 \\ n & \sum P_i^2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \sum P_i & \sum P_i^2 \\ \sum P_i^2 & \sum P_i^2 \\ \sum P_i^2 & n \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \sum P_i^2 \\ \sum P_i^2 \\ \sum P_i^2 \end{vmatrix}$$

Nilai koefisien a , b dan c yang sudah ditemukan dimasukkan ke dalam persamaan $F_i(P_i) = a + b(P_i) + c(P_i)^2$ untuk membuat sebuah fungsi biaya pembangkitan.

c. Menghitung *full load average cost* (biaya rata-rata pada pembebanan penuh).

Nilai *full load average cost* (biaya rata-rata pada pembebanan penuh) diperoleh pada saat semua unit pembangkit gas dalam satu blok dioperasikan pada kapasitas maksimalnya. Jumlah biaya yang digunakan pada kondisi pembangkitan ini disebut *full load average cost* (\$/MWh).

$$FLAC = \frac{\text{jumlah biaya pembangkitan unit pembangkit gas dalam 1 blok}}{\text{jumlah daya keluaran blok}} \quad (3.1)$$

3.4 Pemodelan sistem manajemen energi model UC dan ED

Dalam pemodelan sistem manajemen energi model UC dan ED pada studi perhitungan pembebanan ekonomis pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap di PT. PJB UP Gresik ini menggunakan bahasa pemrograman JAVA FX 2.

❖ Pemodelan *Unit Commitment* (UC)

Pemodelan *Unit Commitment* bertujuan untuk mendapatkan status *on-off* dari setiap blok pembangkit.

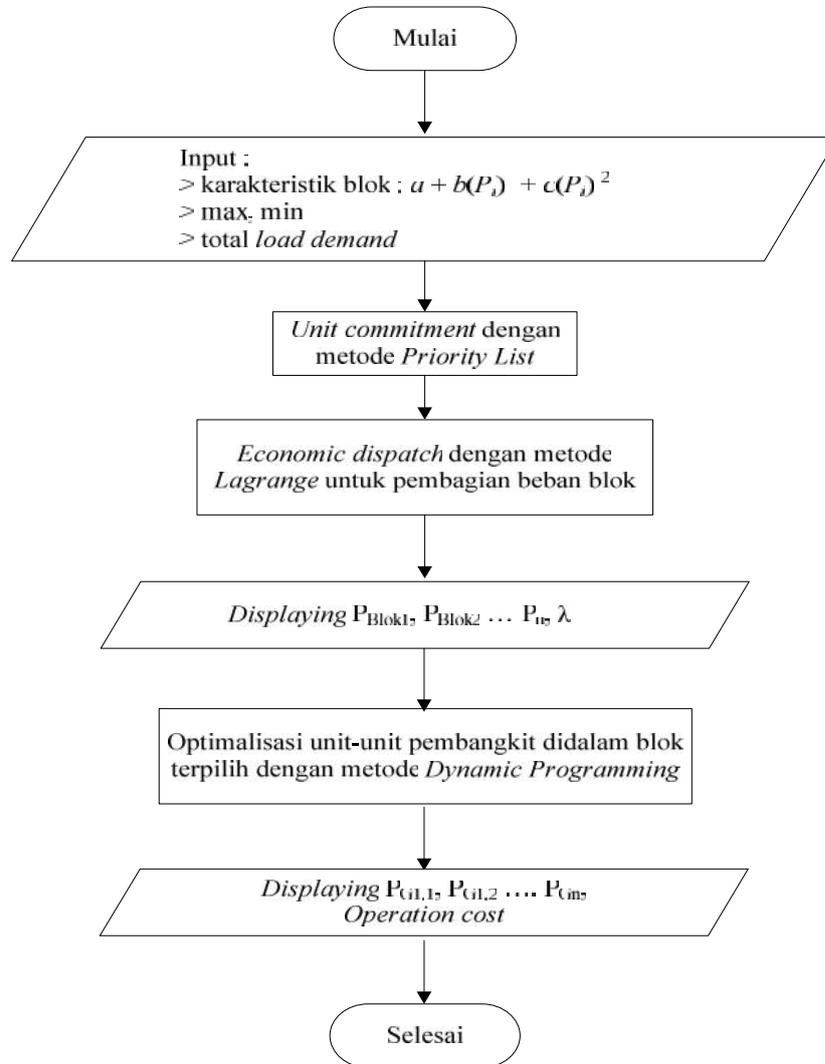
Model *Unit Commitment* akan dikembangkan dengan menggunakan 2 metode, yaitu metode *Priority List* dan metode *Dynamic Programming*. *Unit Commitment* dengan metode *Priority List* digunakan untuk optimasi pemilihan blok pembangkit, sedangkan metode *Dynamic Programming* digunakan untuk optimasi unit-unit pembangkit didalam blok.

❖ Pemodelan *Economic Dispatch* (ED)

Model *Economic Dispatch* akan dikembangkan dengan menggunakan metode *Lagrange*.

Pemodelan *Economic Dispatch* menggunakan metode *Lagrange* seperti yang diuraikan dalam bab sebelumnya. Tujuan dari model ini adalah mengoptimalkan power yang *dispatch* setiap unit generator. Dengan mensimulasi besaran P_{load} maka power yang *dispatch* dapat berubah-ubah untuk masing-masing generator.

Flowchart untuk pemodelan sistem manajemen energi model UC dan ED adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2 *flowchart* pemodelan sistem manajemen energi model *Unit Commitment* dan *Economic Dispatch*

3.4.1 Optimasi Blok Pembangkit

Optimasi pemilihan blok pembangkit dilakukan dengan model *Economic Dispatch* metode *Lagrange* dan model *Unit Commitment* metode *Priority List* (daftar prioritas).

Setiap blok pembangkit dianggap sebagai satu kesatuan unit dan dibuatkan skala prioritas berdasarkan data karakteristik blok. Data karakteristik blok berupa biaya bahan bakar yang digunakan saat blok beroperasi pada beban penuh (*full load average cost*). Beban penuh dalam proses operasional blok pembangkit terdiri dari jumlah beban keluaran maksimal seluruh unit pembangkit gas ditambah dengan keluaran maksimal unit pembangkit uap.

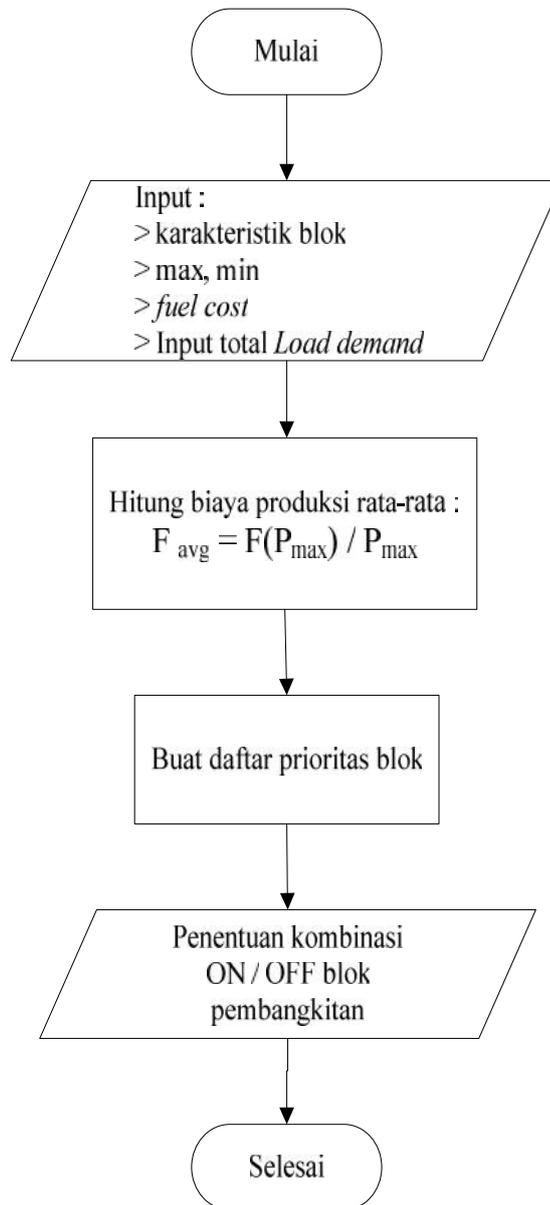
Blok-blok pembangkit diurutkan dari blok dengan karakteristik biaya pembangkitan terendah hingga tertinggi. Untuk melayani sejumlah beban, beban akan ditanggung oleh blok dengan karakteristik biaya pembangkitan terendah terlebih dahulu. Saat beban melebihi kapasitas maksimal blok, sisa beban diberikan kepada blok pembangkit yang memiliki biaya pembangkitan terendah berikutnya.

Apabila beban tidak melebihi kapasitas maksimal sebuah blok, maka unit-unit yang beroperasi hanya berasal dari satu blok pembangkit saja. Penggunaan bahan bakar semakin efisien karena hanya digunakan pada unit pembangkit gas, sedangkan unit pembangkit uap hanya memanfaatkan gas buang dari unit pembangkit gas.

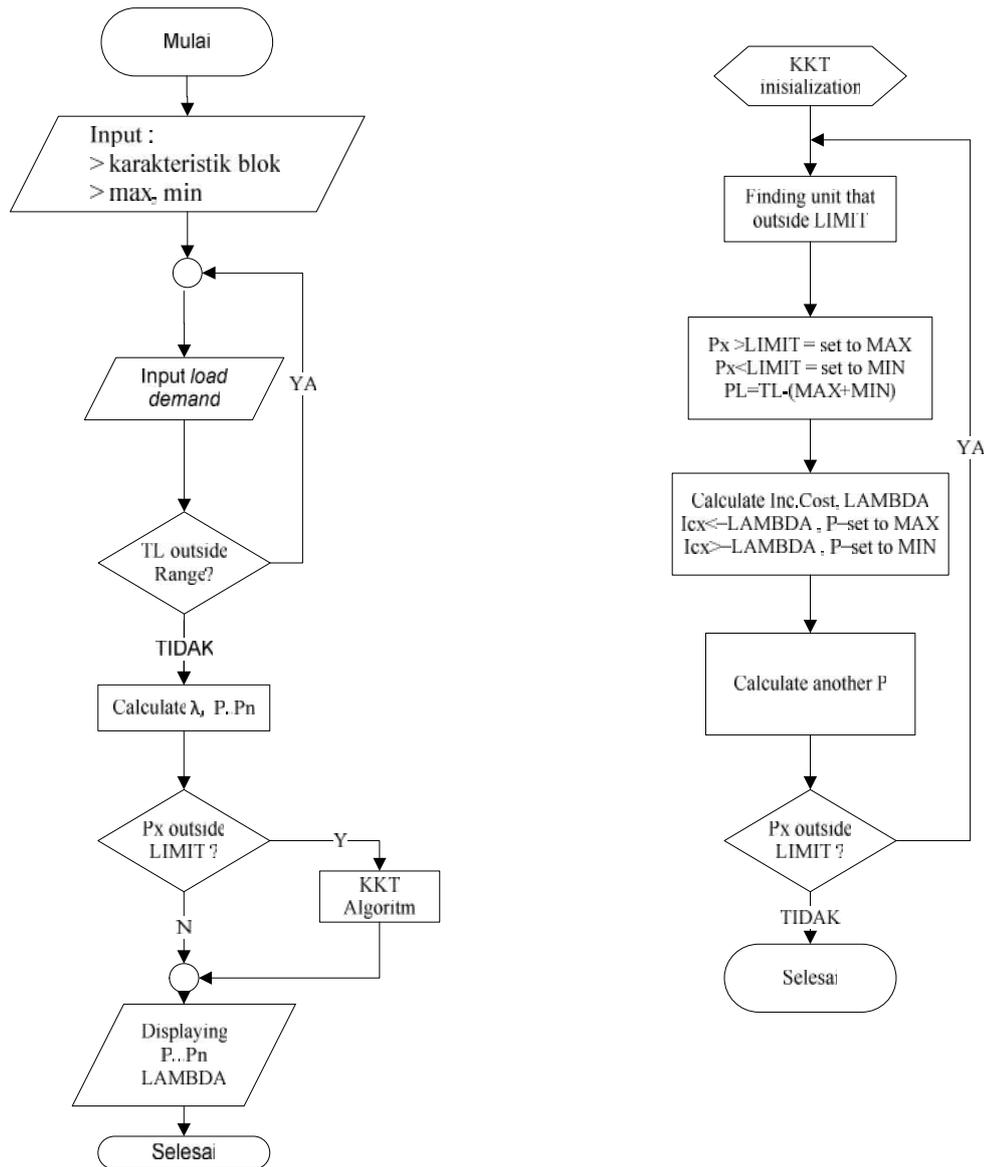
Setelah proses pemilihan blok selesai, optimasi unit-unit pembangkit didalam blok dilakukan pada blok yang terpilih dengan metode *Dynamic Programming*.

Flowchart proses pengolahan blok pembangkit dengan model *Unit Commitment* metode *Priority List* dapat dilihat dalam gambar 3.3.

Flowchart proses pengolahan blok pembangkit dengan model *Economic Dispatch* dengan metode *Lagrange* dapat dilihat dalam gambar 3.4.



Gambar 3.3 *flowchart* proses pengolahan blok pembangkit model *Unit Commitment* dengan metode *Priority List*

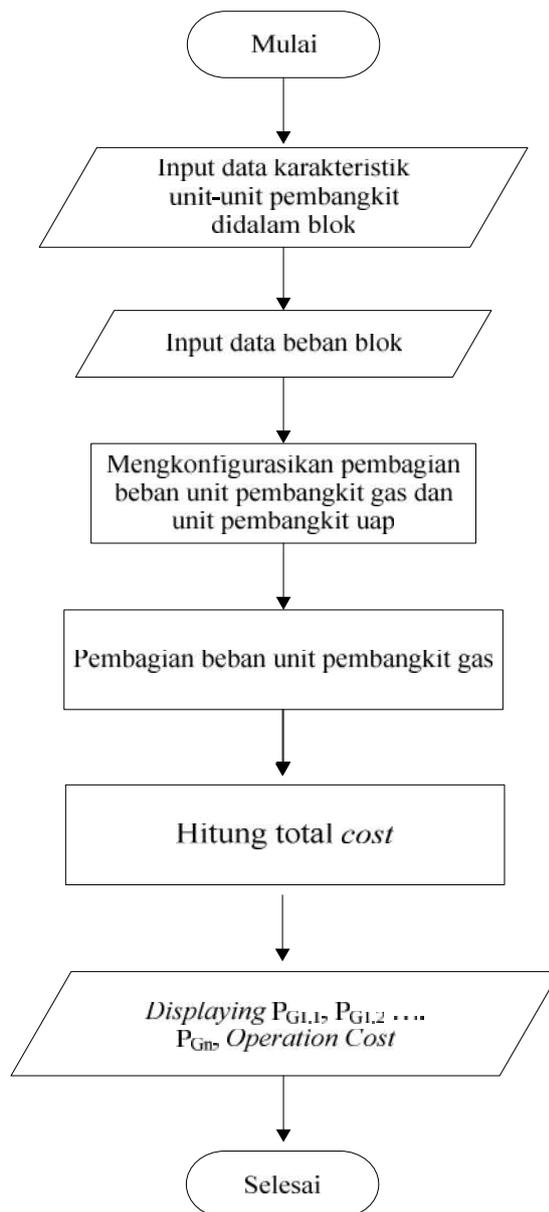


Gambar 3.4 flowchart proses pengolahan blok pembangkit model *Economic Dispatch* dengan metode *Lagrange*

3.4.2 Optimasi Unit-Unit Pembangkit di dalam Blok

Optimasi unit-unit pembangkit dalam blok dilakukan dengan metode *Dynamic Programming*. *Dynamic Programming* dilakukan dengan cara menghitung biaya pembangkitan untuk melayani sejumlah beban dari semua

bentuk konfigurasi unit pembangkit gas dan unit pembangkit uap didalam blok pembangkit. *Flowchart* proses optimasi unit-unit pembangkit didalam blok dengan metode *Dynamic Programming* dapat dilihat dalam gambar 3.5.



Gambar 3.5 *flowchart* optimasi unit-unit pembangkit didalam blok dengan metode *Dynamic Programming*

3.5 Analisa Data

Dalam studi perhitungan pembebanan ekonomis pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) di PT. PJB UP. Gresik akan didapatkan hasil perhitungan yang nantinya akan di analisa. Penyelesaian dan pengambilan keputusan dalam penelitian ini dilakukan dengan perhitungan yang dilakukan secara otomatis melalui pembuatan program dengan *software* JAVA FX 2. Program akan digunakan untuk menghitung daya keluaran pada pembangkit tiap blok serta unit-unit pembangkit didalam blok dan biaya pembangkitan optimal yang dihasilkan berdasarkan data beban riil yang harus dilayani oleh PLTGU PT. PJB UP. Gresik pada periode tertentu. Pengujian program *Unit Commitment* dan *Economic Dispatch* yang telah dirancang dengan *software* JAVA FX 2 akan divalidasi dengan menggunakan POWERGEN dan Ms. Excel.

Untuk mengetahui efektifitas dan efisiensi hasil optimasi dengan model *Unit Commitment* yang menggabungkan metode *Priority List* dengan *Dynamic Programming* dan model *Economic Dispatch* metode *Lagrange*, biaya pembangkitan hasil perhitungan program JAVA FX 2 akan dibandingkan dengan biaya pembangkitan riil di PLTGU PT. PJB UP. Gresik. Data beban yang dipakai sebagai perbandingan antara perhitungan model *Unit Commitment* serta model *Economic Dispatch* dan pembangkitan riil merupakan daya beban nyata pada periode yang sama.