

OPTIMASI OPERASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MESIN GAS (PLTMG) ARUN DENGAN SISTEM *HOMER* ENERGI

Nura Fitria¹, Supri Hardi², Fauzi³

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi
Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe
E-mail : nurafitria354@gmail.com

Abstrak—Unit Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) ARUN, menjalankan tugasnya sebagai penyedia listrik untuk PLN, yang didistribusikan ke- masyarakat, melalui divisi yang mengatur Pusat Pengaturan dan Pengendalian Beban (P3B), tugas utama dari divisi adalah menyesuaikan permintaan daya listrik dari luar sesuai dengan kapasitas pembangkit yang harus dioperasikan. PLTMG ARUN mempunyai 19 unit generator yang diparalelkan sehingga mampu menyediakan daya sebesar 184 MW, kapasitas daya pembangkit per-unit *engine* sebesar 8.8 MW. Akibat pemakaian daya di beban selalu terjadi perubahan maka divisi harus mampu mengatur operasional pembangkit secara otomatis. Secara ekonomis setiap operasional pembangkit membutuhkan pembiayaan yang besar khususnya terhadap penggunaan bahan bakar, bertujuan pengoptimalan generator pemikul beban dan bahan bakar pengoperasian pembangkit pertahunnya menggunakan metodologi *La Range Multiplier* disimulasikan di *software HOMER energy*. Hasil dari penelitian ini adalah system mesin gas terdiri dari 19 generator mesin gas dengan kapasitas 9730,4 Kw, mendapatkan hasil generator yang optimal dengan harga NPC (*Net Present Cost*) paling rendah. *Software HOMER* mempermudah pada perhitungan simulasi, kelemahan *software* ini saat menjalankan program *software* tidak bisa di ganggu. Desain system PLTMG yang paling optimal berdasarkan pada total NPC terendah sebesar Rp.2.5E + 012, dari 19 generator hanya 8 unit generator yang dapat menghasilkan total energy sebesar 73.672.484 kWh pertahun dan menghabiskan bahan bakar sebanyak 19.497.862 m³/tahun.

Kata Kunci : Daya, Energi, Optimasi, *Larange multiplier*, PLTMG dan Homer

I. PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu bentuk energy yang bermanfaat bagi kehidupan manusia dan tepat, Karena mempunyai fungsi fundamental untuk memenuhi kebutuhan manusia. sehingga diperlukan pasokan energy yang stabil, untuk memenuhi kekurangan pemasok energy, pemerintah membangun pusat pembangkit listrik yang berkapasitas dan jumlah memadai, namun dalam menjaga kontinuitas pembangkit maka perlu memaksimalkan fungsi operasional dalam hal pengoperasian pembangkit.

Pada unit Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) ARUN, Dalam menjalankan tugasnya untuk penyediaan listrik bagi masyarakat, PLN mempunyai divisi Pusat Pengaturan dan Pengendalian Beban (P3B). tugas utama dari P3B ini adalah menyesuaikan permintaan daya listrik dari luar sesuai dengan kapasitas pembangkit yang harus dioperasikan. Jika terjadi peningkatan kebutuhan listrik, maka P3B akan menghubungi perusahaan pembangkit listrik untuk menambahkan daya unit pembangkit yang sudah *on line* atau bahkan meminta unit pembangkit yang *stand by* untuk diparalelkan.

PLTMG ARUN mempunyai 19 unit generator yang diparalelkan sehingga mampu menyediakan daya sebesar 184 MW, kapasitas daya pembangkit per-unit *engine* sebesar 8.8 MW. Akibat pemakaian daya di beban selalu terjadi perubahan maka P3B harus mampu mengatur operasional pembangkit secara otomatis.

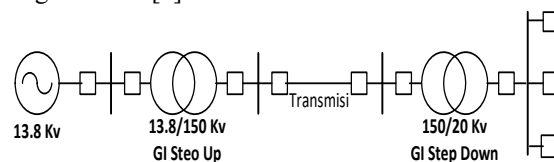
Secara ekonomis setiap operasional pembangkit membutuhkan pembiayaan yang besar khususnya terhadap penggunaan bahan bakar, maka dalam hal ini

perlu menggunakan metode yang salah satunya penulis dalam hal ini menggunakan metode *Laggrange Multiplier* untuk menghitung kebutuhan pemakaian bahan bakar. Metode pemodelan ini merupakan pemodelan dalam menggunakan perangkat lunak (*software*) yaitu *software Homer energy*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Tenaga Listrik

Untuk keperluan penyediaan tenaga listrik bagi pelanggan yang continue maka perlu direncanakan kapasitas pembangkit dengan system proteksi dan penyaluran yang handal. Koneksitas antar peralatan membentuk satu kesatuan disebut dengan Sistem Tenaga Listrik. [1]



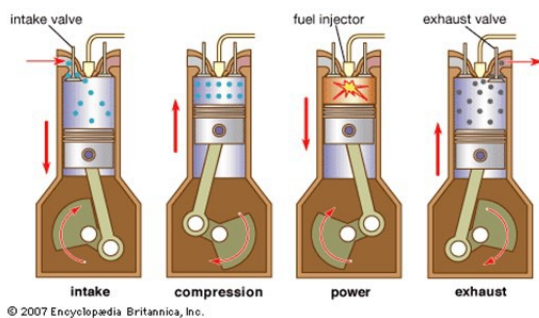
Gambar 1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem Pembangkit Tenaga Listrik berfungsi membangkitkan energy listrik melalui berbagai macam pembangkit tenaga listrik. Pada Pembangkit Tenaga Listrik ini sumber-sumber energy alam dirubah oleh penggerak mula menjadi energy mekanis yang berupa kecepatan atau putaran, selanjutnya energy mekanis tersebut dirubah menjadi energy listrik oleh generator.

Sumber-sumber energi alam dapat berupa :
Bahan bakar yang berasal dari fosil :

1. Batubara, minyak bumi dan gas alam
2. Bahan galian : uranium dan thorium
3. Tenaga air
4. Tenaga angin : daerah pantai dan pegunungan
5. Tenaga matahari. [2]

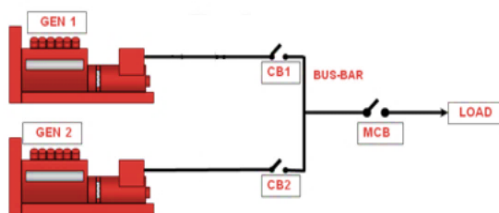
Mesin Gas Generator adalah mesin pembangkit tenaga yang berfungsi merubah energi ekspansi gas menjadi energi listrik. Secara umum bagian-bagian gas Generator terdiri dari *Heat Recovery – Heat Exchanger, Engine, Control Panel* dan Generator. Dari Gambar 2. dapat kita lihat proses pembakaran gas untuk memutar *crankshaft* yang di kopel dengan generator. [3]



Gambar 2. Proses Pembakaran PLTMG

C. Sinkronisasi Generator

Sinkronisasi (disebut juga *Parallel Operation*) Generator merupakan penggabungan output listrik dua buah generator atau lebih, untuk secara bersama-sama menyuplai daya pada jaringan beban. Dua generator atau lebih diputuskan atau dihubungkan dari jaringan karena beberapa faktor seperti karna variasi beban, maintenance dan keadaan darurat. Setiap kali sebuah generator dihubungkan dengan sistem listrik, maka harus disinkronisasi terlebih dahulu sebelum saklar penghubung ditutup. Sinkronisasi, dalam pengertian yang paling sederhana adalah proses menghubungkan dan pencocokan dua generator satu sama lain seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Lebih tepatnya, sinkronisasi adalah tindakan mencocokkan besarnya tegangan, sudut fase dan frekuensi dari generator pertama ke nilai generator kedua ataupun sebaliknya.



Gambar 3 Diagram sinkronisasi dua buah generator
Sumber : [4]

Sinkronisasi atau menghubungkan parallel atau sejajar perlu memenuhi persyaratan, yaitu :

1. Amplitude tegangan yang sama
Dengan adanya tegangan kerja yang sama diharapkan pada saat parallel dengan beban kosong power factorynya 1. Dengan power factor 1 berarti tegangan antara 2 generator persisi sama jika 2 sumber tegangan berasal dari dua sumber yang sifatnya statis.
2. Frekuensi
Didalam dunia industry dikenal 2 buah system frekuensi yaitu 50 Hz dan 60 Hz. Dalam perasionalnya sebuah generator bias saja mempunyai frekuensi yang fluktuatif karena factor – factor tertentu.
3. Sefasa
Urutan fasa adalah arah putaran dari ketiga *phase*. Arah urutan ini dalam dunia industry dikenal denan CW (*clock wise*) yang artinya searah jarum jam dan CCW (*counter clock wise*) yang artinya berlawanan arah jarum jam.
4. Sudut fasa yang sama
Mempunyai sudut fasa yang sama diartikan, kedua fasa dari 2 generator mempunyai sudut fasa yang berhimpit sama atau 0^0 .

D. Rencana Operasi

Untuk mengoperasikan system tenaga listrik diperlukan perencanaan yang baik apalagi kalau diingat bahwa operasi system tenaga listrik menelan biaya yang tidak sedikit. Rencana operasi adalah suatu rencana mengenai bagaimana suatu system tenaga listrik akan dioperasikan untuk kurun waktu tertentu.

Ada beberapa macam rencana operasi, yaitu :

- a. Rencana Tahunan
- b. Rencana Triwulan
- c. Rencana bulanan
- d. Rencana mingguan
- e. Rencana Harian

E. Optimasi Termis dengan menggunakan metoda *La Grange Multiplier*

Dalam system pembangkit atau tenaga listrik yang terdiri dari sejumlah pusat pembangkit, jalur pembagian beban agar dapat beroperasi secara optimum bagi system pembangkit secara keseluruhan, dalam arti dicapai biaya bahan bakar yang minimum.

Untuk memecahkan persoalan ini dapat ditinjau dengan pemakaian metoda *La Range Multiplier*, dalam menggunakan metoda ini harus dicari *objective function* dan persamaan-persamaan kendala untuk menyusun persamaan *La Range*. *Objective function* disini adalah biaya bahan bakar yang akan dicari minimumnya.

Biaya bahan bakar dari sebuah unit pembangkit termis merupakan fungsi beban pembangkit yang bersangkutan dan yang dinyatakan oleh sebuah fungsi : $F (P_T)$. beban system tenaga listrik berubah-ubah menurut waktu, dengan demikian beban unit pembangkit termis juga perlu berubah-ubah menurut waktu dalam partisipasinya melayani beban system. Hal ini mengakibatkan biaya bahan bakarnya persatuan waktu dalam rupiah perjam juga berubah-ubah menurut waktu. Jika ditinjau selang-selang waktu yang cukup kecil dan dalam selang waktu tersebut beban system, rugi-rugi dalam system dan juga beban unit-unit pembangkit dianggap konstan besarnya, maka biaya bahan bakar dalam selang waktu tersebut yang lamanya $= \Delta t$, adalah : [1]

$$F \Delta t = \sum_{j=1}^n F_j (P_{Tj}) \cdot \Delta t \quad (1)$$

Dimana :

- $F_{\Delta t}$ = biaya bahan bakar dalam system selama selang waktu Δt
- $F_j (P_{Tj})$ = biaya bahan bakar unit termis ke j
- P_{Tj} = beban unit termis ke j
- n = jumlah unit termis
- j = indeks nomor unit-unit pembangkit.

F. Homer Energy

HOMER (Hybrid Optimization or Energy Renewable) adalah sebuah perangkat lunak yang dikembangkan oleh *U.S.National RenewableEnergy Laboratory (NREL)* bekerjasama dengan *Mistaya Engineering*, yang dilindungi hak ciptanya oleh *Midwest Reserch Institute (MRI)* serta digunakan oleh Departemen Energi Amerika (DOE). *HOMER* bertujuan untuk mengoptimasi system pembangkit listrik, output yang tersedia dalam *software* yaitu berupa *lifecycle cost*, estimasi kapasitas system, dan emisi gas kaca, dan memodelkan system tenaga listrik dan biaya selama operasi, yang merupakan biaya total pemasangan dan biaya pengoperasian system. Selain itu, *HOMER* banyak pilihan desain system yang digunakan berdasarkan manfaat teknisdan nilai ekonominya.

Pengoperasian *HOMER* melakukan 3 tugas utama, yaitu :

1. Simulasi
Dalam proses ini menentukan konfigurasi dari system, kombinasi dari besarnya kapasitas komponen- - komponen system, strategi operasi yang menentukan bagaimana komponen tersebut bekerja bersama dalam periode waktu tertentu.
2. Optimalisasi
Dalam proses optimasi, *HOMER* mensimulasikan berbagai konfigurasi system yang berbeda untuk mencari konfigurasi system terbaik dengan operasional terendah. Sistem dikatakan optimal, apabila salah satu konfigurasi system menunjukkan NPC terendah untuk jangka waktu yang telah ditentukan.
3. Analisis Sensitivitas

Dalam proses analisis sensitivitas, *HOMER* melakukan beberapa pengoptimalan berdasarkan berbagai asumsi masukan untuk mengukur efek ketidakpastiaan atau perubahan model input. [5] [6]

III. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah penelitian yang diambil antara lain :

1. pengumpulan data mencakup data beban, data spesifikasi teknis Pembangkit.
2. merancang model pengoperasian PLTMG serta memasukkan data beban dan parameter lainnya di PLLTMG ARUN di *software HOMER*.
3. Menjalankan simulasi pada *software HOMER* operasi hanya Pembangkit Mesin Gas (PLTMG).
4. Melakukan evaluasi dari masing masing scenario simulasi yang dilakukan.
5. Melakukan analisis terhadap hasil simulasi yang didapatkan dari *software*, analisis mencakup besarnya biaya operasi masing-masing Pembangkit, skema pembebanan yang paling optimal antara pembangkit tersebut.
6. Menghitung CEO.

G. Model Ekonomi

a. Net Present Cost (NPC)

Net Present Cost yaitu biaya total yang akan digunakan selama masa pemasangan ataupun pengoperasian komponen sepanjang proyek berjalan. Untuk mengetahui nilai NPC (*Net Present Cost*) dengan menggunakan persamaan 2 :

$$NPC = Capital costs + Replacement costs + O\&M costs + Fuel costs - Salvage \quad (2)$$

Keterangan :

- Capital costs* = Biaya modal komponen (Rp).
- Replacement costs* = Biaya pergantian komponen (Rp).
- O&M costs* = Biaya operasional dan perawatan (Rp).
- Fuel cost* = Biaya bahan bakar (Rp).
- Salvage* = Biaya yang tersisa pada komponen (Rp)

b. Total Produksi Energi

Parameter ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar energy yang dihasilkan dari sebuah system yang dirancang. Untuk mengetahui jumlah energy listrik yang dihasilkan dari system energy terbarukan (*tenga hybrid*) sepanjang system beroperasi dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 3 :

$$E_{Total produksi} = E_{Generator} + E_{G2} + \dots + E_{Gn} \quad (3)$$

Keterangan :

- $E_{Total produksi}$ = Total produksi energy listrik (kWh).

$E_{Generator}$ = Total produksi energy mesin gas (kWh).

c. Annualized costs (AC)

Annualized costs digunakan untuk mengetahui total biaya tahunan dari desain system pembangkit listrik tenaga hybrid. Untuk mengetahui biaya tahunan dari system PLTMG dapat diketahui dengan menggunakan rumus pada persamaan 4 :

$$Annualized\ cost = Capital\ costs + Replacement\ costs + O\&M\ costs + Fuel\ costs - Salvage \quad (4)$$

Keterangan :

- Annualized cost (AC) = Biaya tahunan system (Rp).
- Capital costs = Biaya modal komponen (Rp).
- Replacement costs = Biaya pergantian komponen (Rp).
- O&M costs = Biaya operasional dan perawatan (Rp).
- Fuel cost = Biaya bahan bakar (Rp).
- Salvage = Biaya yang tersisa pada komponen (Rp).

d. Cost of Energi (COE)

Cost of Energi digunakan untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan per kWh dari system. Untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 5 :

$$COE = \frac{Total\ AC}{E_{Total\ produksi}} \quad (5)$$

Keterangan :

- COE = Biaya yang dikeluarkan per kWh (Rp).
- Total AC = Biaya tahunan system (Rp).
- $E_{Total\ produksi}$ = Total produksi energy (kWh)

e. Renewable Penetration (RP)

Renewable Penetration digunakan untuk mengetahui seberapa besar energy listrik yang dihasilkan dari total energy listrik yang diproduksi oleh system pembangkit listrik tenaga hybrid. Nilai renewable penetration dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 6 :

$$RP = \frac{E_{tot.komponen}}{E_{tot.prod.sistem}} \quad (6)$$

Keterangan :

$RP = Renewable\ penetration\ (\%)E_{tot.komponen}$

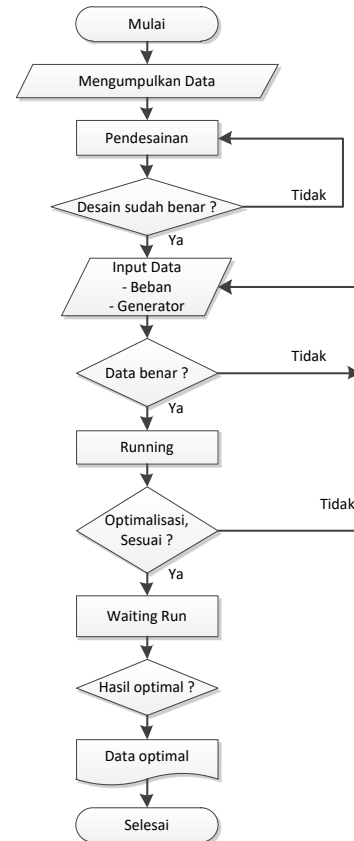
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemodelan Generator Mesin Gas

Mesin gas yang dioperasikan di PLTMG ARUN yaitu type W20V34SG. Dikarenakan keterbatasan data merk dan type mesin di aplikasi HOMER, untuk mendapatkan hasil perhitungan pada software HOMER yang mendekati besarnya biaya yang dikeluarkan dalam pengoperasian mesin gas di PLTMG ARUN maka dipilih spesifikasi mesin gas generator dalam pemodelan pada software HOMER.

Tabel 1. Spesifikasi Mesin Gas Pemodelan Software

Produksi kWh PLTMG ARUN	201.116,23 kWh/d
Produksi kWh PLTMG rata-rata	8.379,8 kWh
Kapasitas Generator	9730.4 kW



Gambar 4 Flowchart Penelitian

Tabel 2 Spesifikasi Mesin Diesel Generator Mesin Gas yang Digunakan pada Pemodelan Software HOMER

Daya	9730.4 kW
Engine	Generic Large Generator set (size your own)
Oil capacity	70 Liter
Price	Rp. 4.526.315.789,- / kW

Biaya O&M mesin generator

Keterangan :

- Jumlah oli (liter) = 70 liter/4.000 jam
- Jenis oli = Shell Diala S4 Zx-1
- Harga/liter = Rp. 33.000
- Biaya O&M (Jam kerja) = (Jumlah oli x harga/liter) /

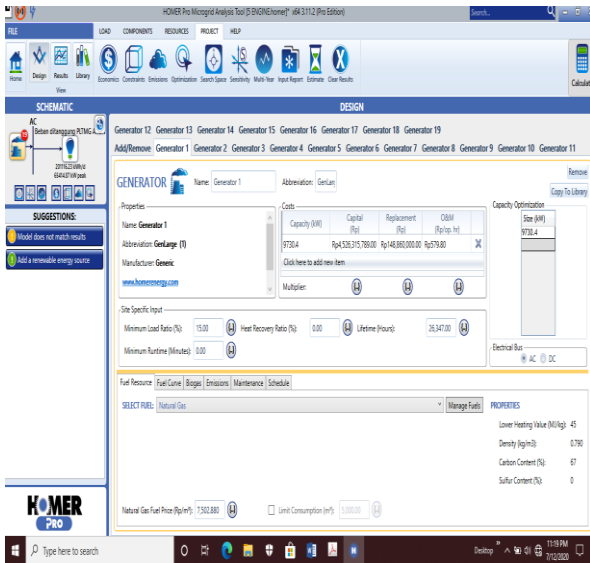
Biaya O&M = (70 x Rp. 33.000) / (24 x 166 hari)

$$\text{Biaya O\&M} = (\text{Rp. } 2.310.00) / (3984)$$

$$\text{Biaya O\&M} = \text{Rp. } 579.8/\text{jam}$$

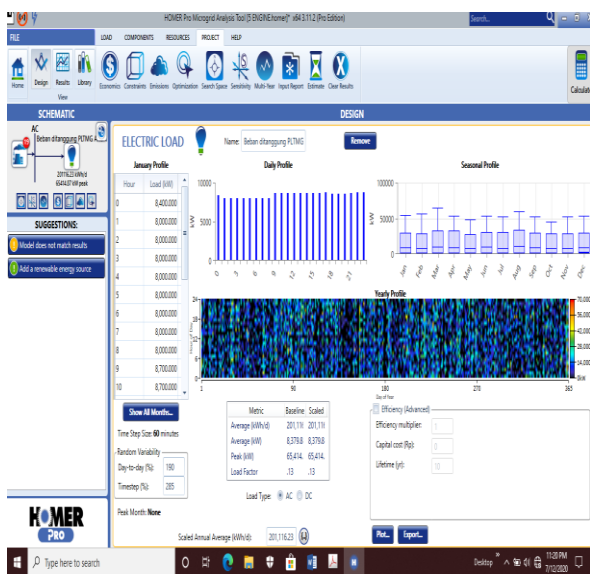
Harga bahan bakar natural gas dalam pengoperasian generator dalam perhitungan *software HOMER* dimasukkan dalam biaya *fuel cost*.

Skema rangkaian dan biaya modal dalam pemodelan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas pada *software HOMER* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Pengaturan Generator Sistem Gas

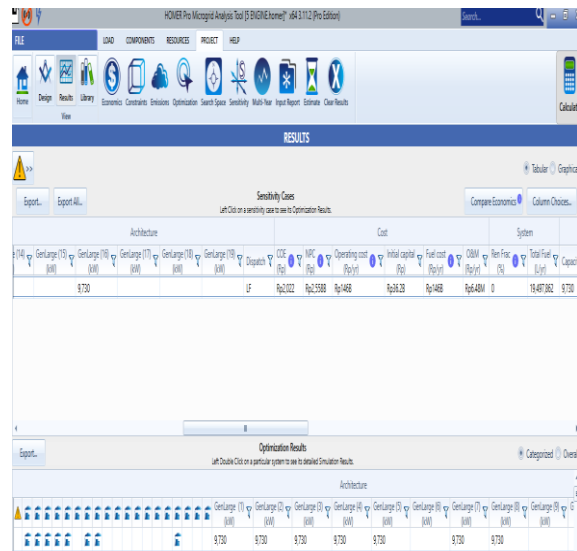
Dari Gambar 5. energy listrik yang disalurkan sebesar 201.116,23 kWh/d dengan beban puncak (*peak load*) sebesar 65.414 kW berdasarkan *baseline* pada *software HOMER*.



Gambar 6 Pengaturan Data Beban

Setelah data input beban listrik dan parameter mesin gas generator dimasukkan, selanjutnya *software HOMER* akan menghitung besar biaya yang akan dikeluarkan dalam pemodelan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) ARUN.

Dari gambar 7. hasil analisa dari aplikasi *HOMER* menyatakan bahwa untuk mendapatkan nilai optimal, mesin gas yang dioperasikan 9,730.4 kW dengan jam kerja generator mesin gas selama kurun waktu 1 tahun selama 8.760 jam menghasilkan energy listrik sebesar 73.672.484 kWh/tahun. Dalam pengoperasian generator mesin gas menghabiskan bahan bakar sebesar 19.497.862 m³/tahun. Biaya NPC (*Net Present Cost*) yang harus dikeluarkan dalam pemodelan sistem PLTMG ARUN 19 Generator dalam periode pembangunan sebesar Rp. 2.56E + 012 dengan biaya produksi listrik (COE) yang dihasilkan oleh mesin gas 9,730.4 kW sebesar Rp. 2.014,56/kWh.



Gambar 7 Hasil Simulasi Komponen pada Perangkat Lunak *HOMER*

V. KESIMPULAN

Berdasarkan data dan analisis hasil simulasi pemodelan oleh *software HOMER*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. *Software HOMER* mempermudah pada perhitungan simulasi tetapi pada saat menjalankan program, *software* tidak bisa di ganggu. Estimasi *run prpgram* untuk menyelesaikan sekitar 120 jam.
2. Dari penelitian di peroleh suatu desain system PLTMG yang paling optimal berdasarkan pada total NPC terendah sebesar Rp. 2.5E + 012 dimana desain system pembangkit ini terdiri dari 19 generator berkapasitas masing-masing 9730.4 kW, dengan yang beroperasi 8 generator yang dapat menghasilkan total

energy 73.672.484 kWh pertahun dengan menghabiskan bahan bakar sebanyak 19.497.862 m³/tahun.

REFERENSI

- [1] Marsudi, D., 1990, "*Operasi Sistem Tenaga Listrik*", Balai Penerbit&Humas ISTN, Jakarta.
- [2] S. dkk Muslim, *Teknik Pembangkit Tenaga Listrik*. 2008.
- [3] "Wärtsilä Land & Sea Academy."
- [4] I. Kesehatan, "Prosiding SNST ke-5 Tahun 2014 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang 17," no. 2011, pp. 17–22, 2014.
- [5] P. Gilman and P. Lilienthal, "MICROPOWER SYSTEM MODELING," pp. 379–418.
- [6] K. E. Okedu and U. Roland, "Optimization of Renewable Energy Efficiency using HOMER," no. June 2014, 2015.
- [8] S. Suite and B. Co, "HOMER ® Pro Version 3 . 7 User Manual © All rights reserved . August 2016 HOMER ® Energy Boulder CO 80301 USA," no. August, 2016.