

## ANALISA KETERSEDIAAN DAN KONSERVASI ENERGI LISTRIK

Janter Napitupulu <sup>1)</sup>

Fakultas Teknik Universitas Darma Agung, Medan, Indonesia <sup>1)</sup>

Corresponding Author:

[jantermh@gmail.com](mailto:jantermh@gmail.com) <sup>1)</sup>

### Abstrak

Karakteristik pembebanan pada Operasi Sistem Tenaga Listrik dari Pusat-pusat Pembangkit energi Listrik yang berbeda-beda akan menyebabkan biaya operasi pembangkit listrik yang berbeda-beda sesuai dengan karakteristik masing-masing unit pembangkit yang dioperasikan. Untuk tujuan konservasi energi, penjadwalan pembangkit energi listrik dapat dilakukan dengan meminimalkan kerja pembangkit yang bersifat thermis karena berkaitan langsung dengan biaya bahan bakar. Perhitungan biaya bahan bakar pembangkitan dilakukan dengan pengoptimalan pemakaian bahan bakar, Biaya bahan bakar adalah Energi Dibangkitkan [kWh] x Harga Bahan Bakar [Rp/kWh] yang dikerjakan melalui program komputer Software ETAP 4.0. untuk mendapatkan hasil Load Flow dari Sistem Sumatera bagian utara dan energi yang dibangkitkan. Pada program ini, rugi-rugi saluran terhadap daya keluaran generator adalah diabaikan. Studi kasus dilakukan di Unit Pembangkitan Sumatera Bagian Utara. Besar daya pembangkitan adalah sebesar 1119,18 MW, daya yang terpakai adalah sebesar 1115,7 MW. Produksi pembangkitan (Ss) dapat diturunkan 10,11 MVA yaitu dari 1018,72 MVA menjadi 1008,61 MVA. Dengan melakukan Pengaturan Operasi Pembangkit Tenaga Listrik, biaya bahan bakar dapat dihemat : 16,1 % dalam 5 jam beban puncak.

**Kata Kunci : Ketersediaan Energi, Unit Commitment Load Flow, ETAP**

### Abstract

Characteristics of loading on the Electric Power System Operation from different Electric Power Generation Centers will cause different operating costs of the power plant according to the characteristics of each operating generating unit. For energy conservation purposes, scheduling of electric power generation can be done by minimizing the thermal power plant work because it is directly related to fuel costs. Calculation of fuel costs for generation is done by optimizing fuel usage, Fuel costs are Energy Generated [kWh] x Fuel Price [Rp/kWh] which is done through the ETAP 4.0 Software computer program. to obtain the Load Flow results from the Northern Sumatra System and the energy generated. In this program, line losses to the generator output power are ignored. The case study was conducted at the Northern Sumatra Generating Unit. The amount of power generated is 1119.18 MW, the power used is 1115.7 MW. Generation production (SS) can be reduced by 10.11 MVA, namely from 1018.72 MVA to 1008.61 MVA. By implementing Power Plant Operation Regulation, fuel costs can be saved: 16.1% in 5 hours of peak load.

**Keywords: Energy Availability, Unit Commitment Load Flow, ETAP**

## PENDAHULUAN

Suatu sistem tenaga listrik pada dasarnya dapat dikelompokkan atas tiga komponen utama yaitu:

- Pembangkit Energi Listrik
- Transmisi Daya Listrik
- Distribusi Sistem Tenaga

Pembangkit Energi Listrik terdiri atas sejumlah unit pembangkit yang umumnya terbesar pada daerah pelayanan yang terhubung dengan sistem interkoneksi pada jaringan sistem tenaga listrik (Suripto, 2016). Berdasarkan jenis bahan bakar sebagai energi primer, Pembangkit Energi Listrik dapat dibedakan menjadi Pembangkitan listrik Tenaga Diesel (PLTD), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkitan Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPB), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pembangkit Listrik Tenaga Gas-Uap (PLTGU), Pembangkitan Listrik Tenaga Mikro (PLTM), Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).

### History:

Received : 25 Februari 2024

Revised : 10 Agustus 2024

Accepted: 23 Agustus 2024

Published: 07 Oktober 2024

**Publisher:** LPPM Universitas Darma Agung

**Licensed:** This work is licensed under

[Attribution-NonCommercial-No](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

[Derivatives 4.0 International \(CC BY-NC-ND 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



Energi listrik dibangkitkan oleh Pembangkit Tenaga Listrik, di transmisikan oleh jaringan transmisi serta disalurkan ke konsumen melalui saluran distribusi sistem tenaga. Untuk menggerakkan Generator pada Pembangkit Tenaga Listrik menggunakan pusat pembangkit menggunakan bahan bakar yang sesuai dengan jenis pembangkit dengan kapasitas yang berbeda. Sehingga, dalam pengoperasian Pembangkit Tenaga Listrik dioperasikan dengan biaya produksi yang rendah dan rasional untuk mutu dan keandalan tetap terjaga. Untuk tujuan tersebut perlu diperhatikan sering timbulnya kejadian yang bersifat random pada sistem tenaga listrik, pada hal perubahan selalu terjadi fluktuatif yang menyebabkan kondisi operasi itu bisa berubah. Kondisi ini akan menyebabkan terjadinya deviasi pasa operasi sistem tenaga. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*), dengan data yang diperoleh dari PT.PLN (Persero) Unit Pengaturan Beban(UPB) Sumatera bagian utara.

## METODE PENELITIAN

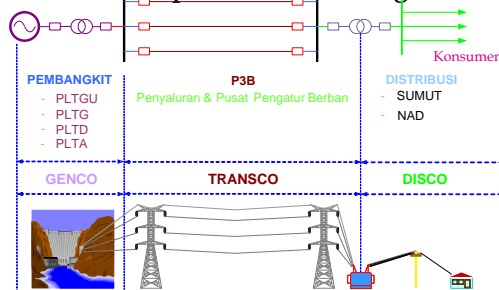
Dalam penyediaan energi listrik diperoleh dengan melalui interelasi antara komponen listrik yang terhubung satu sama lain membentuk sistem tenaga listrik yang merupakan sekumpulan Pembangkit Listrik dan Gardu-Gardu Induk sebagai pusat-pusat beban terinterkoneksi dihubungkan oleh jaringan Transmisi. Biaya operasi Sistem Tenaga Listrik merupakan biaya yang terbesar pada suatu Perusahaan Listrik. Biaya operasi ini terdiri dari :

- a. Pembelian tenaga listrik
- b. Bahan bakar dan material
- c. Pegawai.

Dari ketiga biaya tersebut diatas, biaya bahan bakar adalah yang terbesar pada umumnya adalah biaya yang terbesar, kira-kira 60% dari biaya operasi secara keseluruhan. Untuk mengoptimalkan biaya ini, pada pembangkit yang bersifat termis dilakukan pengaturan atau penjadwalan operasi pembangkit agar kebutuhan bahan bakar dapat dimaksimalkan.

Pemakaian energi listrik dapat digunakan untuk menggerak motor, penerangan, pemanas, pendingin, dan sebagainya. Representasi sistem Tenaga Listrik ditunjukkan oleh Gambar 1.

**Gambar 1. Elemen pokok sistem tenaga listrik**



Secara garis besar sistem tenaga listrik dapat dibagi menjadi tiga bagian, antara lain :

- Pembangkit Tenaga Listrik
- Transmisi Daya Listrik
- Distribusi Sistem Tenaga

Pembangkit Tenaga Listrik adalah bagian bekerja untuk menghasilkan energi listrik, Pembangkit Tenaga Listrik ini bekerja berdasarkan prinsip konversi energi dari energi mekanik menjadi energi listrik (Astro et al., 2020). Transmisi Daya Listrik adalah transmisi energi listrik pada dengan nilai tegangan tinggi antara 20 KV s/d 500KV, yang bertujuan untuk 1.Memperkecil rugi-rugi daya, 2. Memperkecil jatuh tegangan dan 3.Memperbesar daya hantar. Nilai tegangan yang diterapkan dengan nilai tinggi adalah dikarenakan jarak yang ada antara Pembangkit Tenaga Listrik dengan pusat-pusat beban umumnya, jauh.

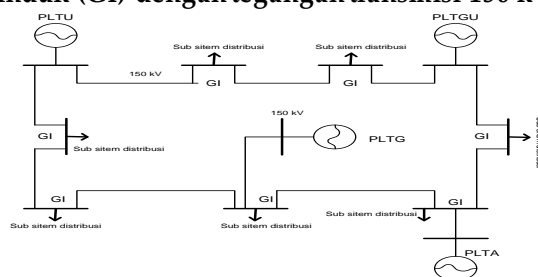
Distribusi Sistem Tenaga adalah sistem yang mendistribusikan atau menyalurkan energi listrik ke pusat beban sebagai pemakai energi listrik. Ditinjau dari nilai tegangannya maka, Distribusi sistem tenaga diklasifikasikan menjadi saluran distribusi primer dan saluran distribusi sekunder.

### A. Pembangkitan Dalam Sistem Interkoneksi

Suatu Sistem Interkoneksi terdiri dari beberapa Pembangkit Tenaga Listrik dan Gardu Induk (GI) yang terinterkoneksi melalui saluran transmisi dan melayani beban melalui gardu induk (GI). Gambar 2, merepresentasikan sistem interkoneksi yang terdiri dari PLTA, PLTU, PLTG, PLTGU, dan GI yang terhubung oleh saluran transmisi. Pada GI terdapat beban berupa subsistem distribusi. Secara listrik, setiap subsistem distribusi tidak terhubung. Dalam sistem interkoneksi, semua Pembangkit Tenaga Listrik harus terkoordinasi agar biaya pembangkitan yang minimum dapat tercapai dengan tetap memperhatikan mutu dan keandalan. Mutu dan keandalan pada penyediaan tenaga listrik terkait kepada frekuensi, tegangan, dan pemulihan terhadap gangguan dan kordinasi terhadap pembebanan.

Pembangkitan Tenaga Listrik Terpadu dapat dilakukan dalam sistem interkoneksi untuk menghasilkan aliran daya dan profil tegangan pada saluran transmisi. Pada sistem tenaga listrik harus dijaga agar tegangan, arus, daya dan frekuensi masih dalam batas-batas yang diizinkan.

**Gambar 2. Diagram Segaris interkoneksi yang terdiri dari Pembangkit Tenaga Listrik dan Gardu Induk (GI) dengan tegangan transmisi 150 kV**



Pengaturan tegangan selalu dilakukan mengingat lokasi pusat pembebanan berbeda. Pengaturan Tegangan ini dapat dilakukan melalui pengaturan daya reaktif dalam sistem. Pengaturan daya reaktif dapat diperoleh dari kapasitor dan reactor.

Pada pengoperasian Pembangkitan Tenaga Listrik diperlukan tahapan diantaranya adalah :

1. Perencanaan Operasi Pembangkitan
2. Penyediaan Bahan Bakar
3. Penyediaan Suku Cadang
4. Kordinasi Pemeliharaan.

Keempat tahapan tersebut dilakukan dengan didasarkan pada prakiraan pembebanan.

### B. Faktor-faktor dalam Pembangkitan

#### 1. Faktor Beban

Faktor beban adalah suatu perbandingan antara nilai beban dengan beban puncak tertinggi dalam selang waktu tertentu. Sedangkan beban rata-rata adalah jumlah produksi kWh dibagi dengan jumlah jam dalam selang waktu tertentu.

$$FaktorBeban = \frac{BebanRata-rata}{BebanPuncck}$$

Dalam penyediaan energi listrik, factor beban sistem diharapkan tinggi, karena semakin tinggi faktor beban semakin rata pembebanan. Pada sistem tenaga listrik, faktor beban tahunan adalah berkisar 60-80 %.

#### 2. Faktor Kapasitas

Faktor kapasitas sebuah unit pembangkit merupakan gambaran seberapa besar pemanfaatan Pembangkit Tenaga Listrik. Faktor kapasitas tahunan dalam durasi 8760 jam adalah

$$FaktorKapasitas = \frac{produksi\ SatuTahun}{DayaTerpasang \times 8760}$$

Pada PLTU, Faktor kapasitas tahunan adalah 60-80 %, sedangkan Untuk PLTA, faktor kapasitas tahunan antara 30-50 %.

### 3. Faktor Utilisasi

Faktor utilisasi adalah terkait daya merupakan,

$$Faktor\ Utilitas = \frac{BabanAlat\ Yang\ Tertinggi}{KemampuanAlat}$$

Beban dinyatakan dalam satuan Amper(A) atau Mega-Watt (MW). Untuk saluran, dinyatakan dalam Amper, untuk pembangkitan daya listrik dinyatakan dalam MW.

### 4. Forced Outage Rate

Forced Outage Rate (FOR) adalah jumlah gangguan yang terjadi pada Pembangkit tenaga Listrik.

$$FOR = \frac{Jumlah\ Jam\ Gangguan\ Unit}{Jumlah\ Jam\ Operasi\ Unit + Jumlah\ Jam\ Gangguan\ Unit}$$

Keandalan Pembangkit Tenaga Listrik dapat ditentukan melalui Semakin tinggi nilai FOR . semakin tidak andal Pembangkit Tenaga Listrik tersebut dan sebaliknya. Turunnya keandalan (FOR) Pembangkit Tenaga Listrik tersebut umumnya disebabkan oleh kurang baiknya pemeliharaan dilakukan.

## C. Manajemen Operasi Tenaga Listrik

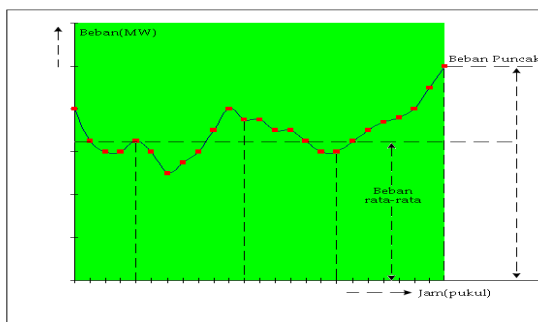
Manajemen Operasi Pembangkitan Tenaga Listrik diperlukan agar interkoneksi dapat beroperasi secara ekonomis dengan memperhatikan mutu dan keandalan Operasi Pembangkit Tenaga Listrik. Pada Operasi Pembangkit Tenaga Listrik yang terinterkoneksi untuk melayani beban memerlukan biaya bahan bakar yang perlu di minimalkan tanpa mengurangi keandalan Sistem. Untuk hal ini, dalam pengelolaan operasi sistem interkoneksi diperlukan adanya perencanaan dan pengendalian serta analisa hasil-hasil operasi. Analisa hasil-hasil operasi ini diperlukan untuk memberi umpan balik bagi perbaikan rencana operasi dan pengendalian operasi tersebut.

## D. Konsumsi Energi Dalam Sistem

Dalam pengoperasian sistem tenaga listrik sebagai perbandingan perlu dilakukan pencatatan besaran daya listrik. Diantaranya adalah :

- Daya aktif MW dan Daya Reaktif MVAR.
- Energi Aktif MWH.

Gambar 3. Kurva beban harian meliputi beban puncak dan beban rata-rata harian



Dari Kurva beban harian tersebut dapat ditentukan Konsumsi MWH dalam satu hari adalah beban rata-rata dalam 24 jam. Dengan memasukkan nilai faktor beban

didapat Konsumsi MWH dalam satu hari adalah  $\text{Beban puncak} \times \text{faktor beban} \times 24$  jam.

Sehingga, pada setiap akhir bulan seharusnya diadakan pencatatan mengenai:

- a. Beban puncak tertinggi dalam satu bulan.
- b. Konsumsi MWH dalam satu bulan.

### E. Karakteristik Beban

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dari karakteristik beban diantaranya adalah:

- a. Daya yang dibangkitkan seharusnya lebih besar dari daya yang digunakan konsumen untuk menghindari turunnya frekuensi sistem.
- b. Penyedia daya listrik harus menyediakan daya listrik dengan frekuensi dalam batas-batas yang diijinkan.
- c. Pengaturan Pembangkitan Daya Listrik perlu dilakukan mengingat beban pada sisi konsumen selalu berubah, tetapi frekuensi harus dipertahankan yang diizinkan.

Klasifikasi beban yaitu:

- a. Beban Rumah Tangga merupakan beban lampu penerangan, peralatan rumah tangga dengan faktor demand 70-100 % dan faktor beban 10-15 %
- b. Beban Industri merupakan beban yang dipergunakan oleh industri dengan faktor demand 70-80 % dan faktor beban 60-65 %.
- c. Beban Komersial merupakan beban yang dipergunakan untuk toko, papan reklame, dan kebutuhan komersial dengan faktor demand 90-100 % dan faktor beban 25-30 %.

Beberapa formula yang berhubungan dengan beban adalah:

- a. Demand Puncak: Suatu beban (demand) tertinggi yang terjadi selama periode tertentu.

- b. Faktor Demand

c. 
$$\text{FaktorDemand} = \frac{\text{Demand Maksimum}}{\text{Jumlah Daya Yang Tersambung}} \%$$

- d. Faktor Beban

e. 
$$\text{FaktorBeba} = \frac{\text{BebanRata-rata}}{\text{BebanPuncak}} \%, \text{ dalam Priode Tertentu}$$

- f. Faktor Diversitas

g. 
$$\text{FaktorDiversitas} = \frac{D1 + D2 + D3 + \dots + Dn}{Dk} \%$$

Dn= Beban puncak masing-masing beban, yang terjadi pada waktu yang tidak bersamaan.

Dk= Beban puncak dari (n) kelompok Beban.

Karakteristik perubahan besar daya yang diterima oleh beban sistem tenaga listrik setiap saat dalam suatu interval hari tertentu dikenal sebagai kurva beban harian.

### F. Optimalisasi dan Karakteristik Beban

Penjadwalan Pembangkit Tenaga Listrik akan membutuhkan biaya operasi pembangkit yang berbeda pula, tergantung pada karakteristik Pembangkit Tenaga Listrik yang dioperasikan. Untuk optimalisasi dapat dilakukan berdasarkan:

1. Berdasarkan Kapasitas Beban: Unit terisi dengan kapasitas penuh, satu demi satu; berturut-turut, dalam permintaan sesuai dengan efisiensinya. Ketika permintaan meningkat, disediakan unit pembangkit yang efisien sampai unit ini diberi beban sampai batas kapasitasnya. Peningkatan selanjutnya dijumpai dari unit yang memiliki urutan yang paling efisien berikutnya, hingga unit ini juga dapat terisi dengan kapasitas penuh, dan seterusnya.
2. Berdasarkan Beban Yang Paling Efisien: Unit pembangkit terisi dengan tujuan untuk mencapai efisiensi yang maksimum berdasarkan permintaan, sesuai

dengan efisiensinya. Sesuai dengan meningkatnya permintaan, unit yang paling efisien memberi beban sampai titik efisiensi maksimumnya tercapai. Ketika semua unit pembangkit beroperasi pada efisiensi yang maksimum, permintaan selanjutnya dijumpai pada pemberian beban dalam unit itu sesuai dengan kapasitas daya yang diizinkan, dalam permintaan yang sama.

3. Pemberian Beban Sesuai Dengan Beban Yang Paling Efisien: Hal ini sama dengan mendasarkan pemberian beban yang paling efisien, bagaimanapun, setelah masing-masing unit pembangkit telah terisi dengan tujuan untuk mencapai efisiensi yang maksimum, beban selanjutnya dibagi antara unit beban yang paling efisiensi pada tiap-tiap unit pembangkit.

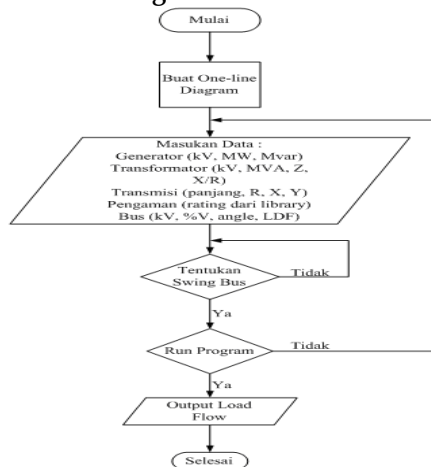
### G. Konsumsi Spesifik Bahan Bakar dan Efisiensi

Dalam menentukan efisiensi unit pembangkit termis dengan konsumsi spesifik bahan bakar adalah kurang tepat karena kandungan kalori dari bahan bakar berbeda-beda. Namun jika bahan bakar yang digunakan sama, misalnya minyak solar HSD dari Pertamina untuk unit pembangkit yang menggunakan bahan bakar HSD, maka penggunaan konsumsi spesifik bahan bakar dapat memberikan gambaran mengenai efisiensi karena nilai kandungan kalori minyak HSD sudah ditentukan. Konsumsi spesifik bahan bakar pada kondisi beban yang sama cenderung menurun sebagai hasil kemajuan teknologi sehingga efisiensi unit pembangkit termis menjadi lebih baik.

Di Indonesia, secara khusus dalam Sistem Operasi Pembangkitan Tenaga Listrik Sumbagut, BBM yang disediakan adalah Solar (*High Speed Diesel*), yang dipakai dalam pengoperasian PLTD, PLTG, PLTGU dan *Marine Fuel Oil* (MFO) dipakai dalam pengoperasian (PLTU)

### H. Jalannya Penelitian

Gambar 4. Diagram Alir Simulasi ETAP



### HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mencapai biaya bahan bakar yang yang optimal sesuai dengan kebutuhan perlu adanya Pengaturan Operasi Pembangkit agar bahan bakar yang digunakan dapat terpakai sesuai dengan kebutuhan konsumen. Data penelitian ini diperoleh dari Unit Pengaturan Beban Sumatera Bagian Utara dengan rekaptulasi sebagai berikut:

1. Beban pagi hari pukul 06.00 WIB = 966,5 MW
2. Beban siang hari pukul 11.00 WIB = 951,6 MW
3. Beban sore hari pukul 18.00 WIB = 986,3 MW
4. Beban malam pukul 19.30 WIB = 1115,8 MW

#### A. Kondisi Operasi Beban Puncak Malam Hari.

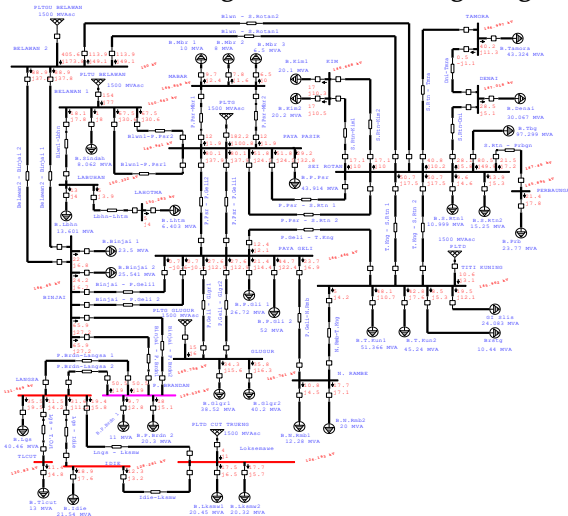
##### 1. Load Flow Pada Pukul 19.30 WIB.

Tinjauan *Load Flow* pada saat sistem keadaan berbeban puncak pada malam hari pada pukul 19.30 WIB adalah pada saat beban 1115,8 MW seluruh pembangkit yang

ada pada sistem Sumbagut beroperasi. Hasil *Load Flow* sistem Sumbagut menggunakan ETAP 4.0 pada saat pembangkit beroperasi semuanya terdapat bahwa:

- Unit Pembangkit beroperasi semuanya dengan menghasilkan daya sebesar 1119,8 MW.
- Total daya yang terpakai oleh konsumen sebesar 1115,764 MW.
- Sistem Operasi Pembangkit sumbagut memiliki cadangan daya sebesar 3,516 MW sebagai cadangan putar.

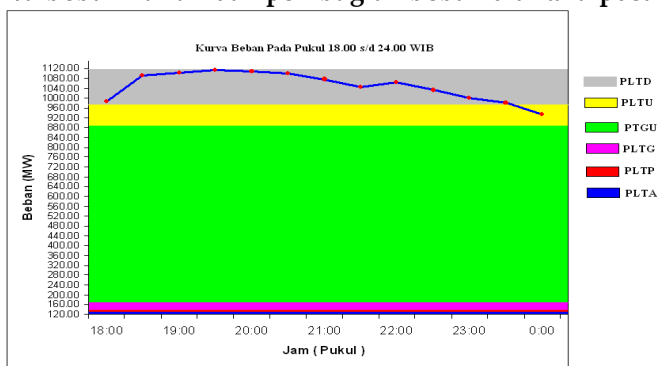
Gambar 5. One Line Diagram Hasil Running Program ETAP



Tabel. 1 Kondisi Beban Pada waktu Malam pukul 18.00-24.00 WIB

JAM	BEBAN (MW)
18:00	986,3
18:30	1092,1
19:00	1102,5
19:30	1115,8
20:00	1109,93
20:30	1100,9
21:00	1077,6
21:30	1043,5
22:00	1064,6
22:30	1033,3
23:00	1000,7
23:30	981,4
00:00	933,3

Gambar 6. Kurva beban harian dan pembagian beban diantara pusat-pusat listrik



## 2. Load Flow Pada Pukul 06.00 WIB

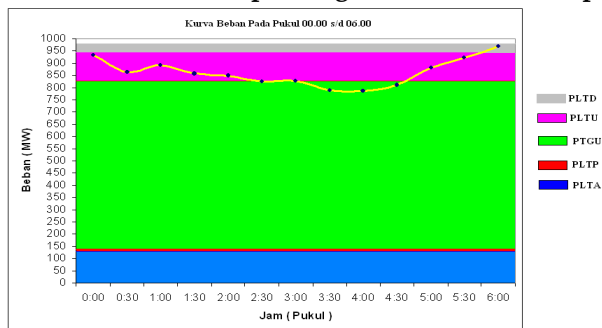
Tinjauan *Load Flow* pada saat sistem keadaan berbeban puncak pada pagi hari pada pukul 06.00 WIB adalah pada saat beban 967 MW, beberapa pembangkit yang ada pada sistem Sumbagut ada yang tidak dioperasikan. Hasil simulasi program Etap 4.0 pada Sistem Operasi Pembangkitan Sumbagut pada keadaan beban terjadi pada pagi hari yaitu pukul 06.00 WIB terdapat pada Tabel 4.6 di dapatkan:

- Beberapa Unit Pembangkit ada yang tidak dioperasikan. Pembangkit yang tidak beroperasi :
  - 1 Unit GPP-5 ( HSD ) = 15 MW



- 1 Unit GPP-6 ( HSD ) = 17,7 MW
  - 1 Unit GGL-3 ( HSD ) = 11,1 MW
  - 4 PLTD Titi Kuning ( HSD ) = 11,5 MW
  - 8 Unit PLTD Sewa AKE ( HSD ) = 74,8 MW
  - 2 PLTD Arti Duta 1 ( HSD ) = 18,4 MW
- Total pembangkit yang dilepas = 149 MW
- b. Total daya yang terpakai oleh konsumen sebesar 966,5 MW .
  - c. Pembangkit Yang Beroperasi menyuplai daya sebesar : 970,18 MW
  - d. Sistem Operasi Pembangkit sumbagut memiliki cadangan sebesar 149 MW sebagai cadangan putar.

Gambar 7. Kurva beban harian dan pembagian beban diantara pusat-pusat listrik



Jam	Pi (MW)	Biaya ( RP )
19:30	1115,8	Rp -
6:00	966,5	Rp 481,828.00
11:00	951,6	Rp 510,388.00
18:00	986,3	Rp 435,418.00
<b>Total</b>		<b>Rp 1,427,634.00</b>

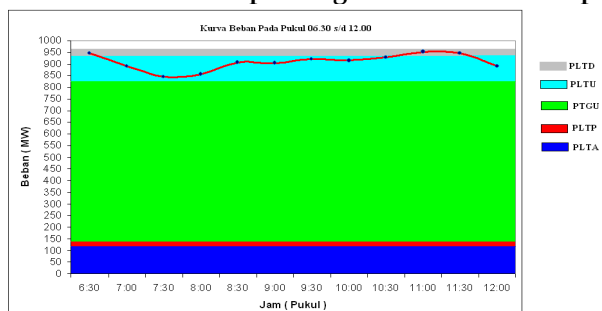
### 3. Load Flow Pada Pukul 11.00 WIB

Hasil simulasi program ETAP 4.0 pada Sistem Operasi Pembangkitan Sumbagut pada keadaan beban puncak terjadi pada Siang hari pukul 11.00 WIB terdapat:

- a. Beberapa Unit Pembangkit ada yang tidak beroperasi.  
Pembangkit yang tidak beroperasi :
  - 1 Unit GPP-6 ( HSD ) = 17,7 MW
  - 1 Unit GGL-3 ( HSD ) = 11,1 MW
  - 4 PLTD Titi Kuning ( HSD ) = 11,5 MW
  - 8 Unit PLTD Sewa AKE ( HSD ) = 74,8 MW
  - 2 Unit PLTD Arti Duta 1 ( HSD ) = 18,4 MW

Total pembangkit yang dilepas = 157 MW
- b. Total daya yang terpakai oleh konsumen sebesar 951,6 MW .
- c. Pembangkit Yang Beroperasi menyuplai daya sebesar : 962,18 MW
- d. Sistem Operasi Pembangkit sumbagut memiliki cadangan daya sebesar 152,68 MW sebagai cadangan putar.

Gambar 8. Kurva beban harian dan pembagian beban diantara pusat-pusat listrik





## B. Pemakaian Bahan Bakar

Tabel 2. Tabel Biaya Bahan Bakar Terpakai Pada Beban Puncak

Jam	Pi (MW)	Biaya (RP)
19:30	1115,8	Rp. 2,571,865.00
6:00	966,5	Rp. 2,090,037.00
11:00	951,6	Rp. 2,061,477.00
18:00	986,3	Rp. 2,136,447.00
<b>Total</b>		<b>Rp. 8,859,826.00</b>

### *Pemakaian Bahan Bakar*

*Dalam Operasi* :Rp. 8.859.826.00. Tabel 3. Tabel Biaya Bahan Bakar yang Tidak Terpakai Setelah Dilakukannya Pengaturan Pengoperasian Sesuai Dengan Karakteristik Beban: *Penghematan bahan bakar adalah* :Rp. 1.427.634.00

## SIMPULAN

Hasil kesimpulan yang didapat dalam Pengaturan Operasi Pembangkit Tenaga Listrik Berdasarkan Karakteristik Beban Adalah :

1. Daya keluaran unit pembangkit ditentukan dari karakteristik pemakaian bahan bakar dari unit-unit pembangkit tenaga listrik didalam pengoperasiannya.
2. Dengan melakukan Pengaturan Operasi Pembangkit Tenaga Listrik. Biaya bahan bakar dapat dihemat : 16,1 % atau RP. 1.427.634.00 dalam 5 jam beban puncak. Dalam satu bulan ( 30 hari ) dapat dihemat sebesar Rp. 42.829.020.00 dalam kurun waktu 5 jam.
3. Dalam sistem interkoneksi pembangkit energi tenaga hidro sangat membantu dalam pengoptimalan pemakaian bahan bakar.
4. Pengaturan Pengoperasian Pembangkit Tenaga Listrik Sumbagut, pembangkit tenaga termis pada beban rata-rata banyak yang tidak beroperasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Astro, R. B., Doa, H., & Hendro, H. (2020). Fisika Kontekstual Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 6(1), 142–149.
- Cekmas Cekdin, 2005 “ *Teori Dan Contoh Soal Teknik Elektro*” ANDI Yogyakarta.
- Operation Techonology Inc. “*ETAP 4.0.0.*” Volume I & II Southern California.
- Robandi Imam, 2006 “*Desain Sistem Tenaga Modern*”, Penerbit ANDI OFFSET, Yogyakarta.
- Sinurat.P, 2005 “*Distribusi Tegangan lebih Pada Saluran Transmisi di D.I.Yogyakarta Akibat Pelepasan Beban*”, Tesis. UGM Yogyakarta.
- Stevension Jr. William D. Prof, 1990 “*Analisa sistem Tenaga Listrik*”. Edisi ke empat., Penerbit Erlangga, Jakarta.
- T.S. Hutaaruk, 1985 “*Transmisi Daya Elektrik*” Erlangga, Jakarta.
- Zuhal, 1993 “*Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*”, Penerbit. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Ir. Djiteng Marsudi, 2006, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Balai Penerbit Graha Mulia,.
- Marsudi,Djiteng,Ir., 2005, “ *Pembangkitan Energi Listrik*”,Penerbit Erlangga,Jakarta,.
- Kadir, Abdul, 1996, “*Pembangkit Tenaga Listrik*”/ Abdul Kadir, - Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia, (UI-Press),
- Nugroho Agung,“*Metode Pengaturan Penggunaan Tenaga Listrik Dalam Upaya Penghematan*”.Fakultas Teknik, Teknik Elektro UNDIP, Semarang, search Google.co.id.
- Pandjaitan, Bonar, 1999,“ *Teknologi Sistem Pengendalian Tenaga Listrik*”,editor, Agus Widyanoro.- Jakarta, Prenhallindo,

Stevenson, W.D.Jr.,1993," Analisa system Tenaga Listrik", Penerbit Erlangga, Jakarta.  
Suripto, S. (2016). Sistem tenaga listrik. Yogyakarta, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.