

Analisis *Load Flow* pada Kilang dan Utilitas PPSDM MIGAS

Michael Ananteo Handoko¹, Raihan Ramadhan¹, Rifqi Maulana¹, Hasyim
Pribadi²

¹ Program Studi Teknik Elektro, Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi, Universitas
Gadjah Mada, Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia

² PPSDM MIGAS, Kecamatan Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah 58315, Indonesia

INFORMASI NASKAH

Diterima : 25 April 2022
Direvisi : 22 Juni 2023
Disetujui : 27 Juni 2023
Terbit : 30 Juni 2023

Email korespondensi:
rereramadhan19@gmail.com

Laman daring:
[https://doi.org/10.37525/
mz/2023-1/348](https://doi.org/10.37525/mz/2023-1/348)

ABSTRAK

Di era globalisasi ini teknologi berkembang dengan sangat cepat, yang artinya bahwa hal tersebut akan berdampak pada penggunaan energi listrik yang semakin meningkat. Konsumsi energi listrik tidak hanya terbatas pada daerah konsumen saja, melainkan energi listrik juga dikonsumsi pada skala industri besar hingga kecil. Kita sadari kebutuhan akan studi aliran daya dalam perencanaan sistem tenaga listrik yang baik diperlukan untuk menentukan sistem operasi terbaik. Metode yang digunakan dalam penyelesaian aliran daya adalah Newton-Raphson. Metode tersebut dilakukan secara manual yang memiliki tingkat kerumitan yang tinggi dan waktu komputasi yang lambat. Sehingga perhitungan aliran daya untuk sistem tenaga listrik di PPSDM MIGAS seharusnya dilakukan dengan program komputer yaitu ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*). ETAP merupakan sebuah perangkat lunak yang berfungsi untuk menganalisis sistem tenaga listrik secara rinci, mulai dari daya hingga jaringan. Dalam melakukan analisis tenaga listrik yang baik penggunaan ETAP sangat diperlukan sebagai acuan pembuatan sistem operasi yang ideal dan dapat meminimalisir terjadinya kesalahan atau gangguan pada sistem tenaga listrik. Hasil yang diperoleh adalah simulasi aliran daya pada sistem distribusi PPSDM MIGAS tidak mengalami overload, hal ini dikarenakan total beban yang digunakan di PPSDM MIGAS tidak melebihi kapasitas yang disediakan oleh PLTD PPSDM MIGAS.

Kata kunci: ETAP, Energi, Aliran Daya, Sistem Tenaga Listrik

ABSTRACT

In this era of globalization, technology is developing rapidly, which means that it will also have an impact on the increasing use of electrical energy. Electrical energy consumption is not only limited to household consumers, but also on a small and large industrial scale. We recognize the need for a load flow study in planning a good power system to determine the best operating system. The method used in solving the power flow is Newton-Raphson. The method is done manually which has a high level of complexity and slow computation time. So that the calculation of the load flow for the electric power system at PPSDM MIGAS should be done with a computer program, namely ETAP (Electrical Transient Analyzer Program). ETAP is a software that functions to analyze the electric power system in detail, from power to network. In conducting a good electric power analysis, the use of ETAP is very necessary as a reference for making an ideal operating system and can minimize the occurrence of errors or disturbances in the electric power system. The results obtained are that the simulation of the load flow in the PPSDM MIGAS distribution system does not experience overload, this is because the total load used in the PPSDM MIGAS does not exceed the capacity provided by the PLTD PPSDM MIGAS.

Keywords: ETAP, Energy, Load Flow, Electric Power System

PENDAHULUAN

Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi atau yang biasa disebut dengan PPSDM MIGAS, selain melakukan pelatihan dalam upaya pengembangan SDM di bidang minyak dan gas, juga memiliki jasa pengolahan minyak dan gas bumi. Untuk menjalankan fungsinya, PPSDM MIGAS memiliki kilang dan unit utilitas yang harus diberi pasokan daya. Dalam memenuhi kebutuhan energi listrik, PPSDM MIGAS memiliki unit pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD). Jumlah energi listrik yang disediakan oleh PLTD PPSDM MIGAS bergantung pada kebutuhan beban yang harus dipenuhi setiap harinya. Oleh karena kebutuhan kelistrikan tersebut berkaitan dengan pelayanan jasa pengolahan minyak dan gas, maka besar beban akan berubah-ubah tergantung kebutuhan. Hal ini menjadikan perlu adanya manajemen yang baik dalam penyediaan dan penggunaan energi listrik di PPSDM MIGAS. Analisis aliran daya listrik di PPSDM MIGAS memiliki tujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja dan keandalan sistem tenaga listrik di PPSDM MIGAS pada saat sistem bekerja. Hasil analisis aliran daya dapat digunakan untuk mengambil langkah yang tepat dalam manajemen energi listrik di PPSDM MIGAS.

TINJAUAN PUSTAKA

Kilang dan Utilitas PPSDM Migas digunakan sebagai tempat pengolahan campuran *crude oil* dari lapangan Kawengan dan Ledok milik PT. Pertamina EP Aset 4 Field Cepu. Unit kilang sebagai jantung pengolahan minyak dan gas digunakan untuk memisahkan minyak mentah menjadi produk minyak bumi dengan menggunakan proses distilasi. Pemisahan ini dilakukan dengan cara memanaskan *crude oil* dari tangki minyak mentah ke furnace, kemudian gas yang dihasilkan dari pemanasan dialirkan ke kolom fraksinasi untuk dipisahkan sesuai trayek didihnya pada tekanan atm. Selain kilang, unit-unit utilitas lainnya juga digunakan untuk menunjang proses pengolahan minyak dan gas.

Untuk memenuhi kebutuhan listrik pada kilang dan utilitas, PPSDM memiliki unit pembangkit berupa PLTD. PLTD adalah pembangkit listrik yang menggunakan *prime mover* berupa mesin diesel untuk menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik. Prinsip kerja PLTD adalah dengan menyalurkan bahan bakar berupa solar yang telah dikabutkan dan oksigen bertekanan dari udara menuju *combustion chamber* untuk dibakar. Proses pembakaran ini dapat menggerakkan piston dan memutar generator yang telah dikopel dengan mesin diesel. Gas hasil pembakaran pada mesin

diesel ini kemudian akan dibuang melalui exhaust. Pada sistem pendinginan, PLTD menggunakan oli pelumas dan juga water jacket.

PLTD PPSDM MIGAS menggunakan generator sinkron yang menghasilkan tegangan 3 fasa. Sedangkan tegangannya dapat diatur dengan menggunakan *Automatic Voltage Regulator*. Pada saat ini memiliki delapan unit generator set dimana empat buah generator set yang dimiliki PPSDM MIGAS siap untuk digunakan untuk memasok daya ke unit-unit kilang serta utilitasnya. Namun dari keempat generator set tersebut hanya satu generator set yang digunakan. Ketiga generator set lainnya bersiap dan akan digunakan sebagai pemasok tambahan apabila terjadi *overload* pada beban atau juga pada saat generator utama mengalami gangguan. Berikut ini adalah spesifikasi generator set yang digunakan di PPSDM MIGAS.

Tabel 1. Spesifikasi Generator PPSDM MIGAS

Nomor	Merek	Kapasitas
G1	Cummins (KTA 38 G5)	1000 kVA
G2	Cummins (KTA 38 G5)	1000 kVA
G8	Cummins (KTA 38 G5)	1000 kVA
G9	Cummins (VTA 28 G5)	640 kVA
G (Emergency)	FORD	100 kVA
G (Emergency)	CUMMINS	400 kVA
G (Emergency)	CUMMINS	400 kVA
G (Emergency)	PERKINS	400 kVA
Mentul		

Trafo yang digunakan di PPSDM MIGAS adalah trafo berjenis *Oil Natural Air Natural* (ONAN). Trafo berjenis ini menggunakan minyak dengan konveksi natural pada internal tangki dan udara dengan konveksi natural pada eksternal tangki. Terdapat dua jenis trafo yang digunakan di PPSDM MIGAS diantaranya :

- *Transformer Step Up*

Trafo step up menaikkan tegangan dari pembangkit sebesar 0.4 kV menjadi 6.3 kV menuju busbar. Untuk unit generator G1 dan G2 digunakan trafo 17 dengan rating 1600 kVA. Sedangkan untuk unit generator G8 dan G9 digunakan trafo 18 dan 19 dengan rating masing-masing 800 kVA dan 630 kVA yang disusun secara paralel.

- *Transformer Step Down*

Trafo step down menurunkan tegangan dari busbar sebesar 6.3 kV menjadi 0.38 kV untuk digunakan pada beban.

Berikut ini merupakan spesifikasi masing-masing trafo yang digunakan :

Tabel 2. Spesifikasi Trafo PPSDM Migas

No.	Nomor	Rating kVA
1	Trafo 1	500 kVA
2	Trafo 2	500 kVA
3	Trafo 3	630 kVA
4	Trafo 8	500 kVA
5	Trafo 9	630 kVA
6	Trafo 10	200 kVA
7	Trafo 13	630 kVA
8	Trafo 14	200 kVA
9	Trafo 17	1600 kVA
10	Trafo 18	800 kVA
11	Trafo 19	

Air Circuit Breaker (ACB) adalah salah satu jenis *circuit breaker* dengan pemutus busur api berupa medium udara. Udara dengan tekanan atmosfer digunakan sebagai pemutus busur api yang muncul karena peristiwa pensaklaran atau hubung singkat. ACB dapat digunakan untuk perlindungan tegangan rendah. Di PPSDM MIGAS, ACB digunakan sebagai *circuit breaker* pada setiap generator sebelum tegangan dinaikkan oleh trafo.

Oil Circuit Breaker (OCB) adalah salah satu jenis *circuit breaker* dengan pemutus busur api berupa medium minyak. OCB akan mengamankan ketika terjadi gangguan dengan cara mengubah minyak menjadi uap ketika terdapat busur api. Gelembung gas yang dihasilkan akan mengelilingi busur api dan memutus tegangan listrik. OCB digunakan sebagai perlindungan tegangan tinggi.

Di PPSDM MIGAS, OCB digunakan sebagai *circuit breaker* pada jaringan tegangan 6.3 kV.

METODE PENELITIAN

Analisis aliran daya listrik (*load flow analysis*) didefinisikan sebagai analisis terhadap aliran listrik pada sebuah sistem tenaga listrik. *load flow analysis* dilakukan untuk mengetahui beberapa parameter sistem ketika sistem sedang bekerja dan dalam keadaan *steady state*. Parameter utama yang diperoleh dari hasil *load flow analysis* antara lain adalah nilai tegangan pada setiap *bus*, besar daya aktif dan reaktif yang mengalir melalui komponen sistem, serta perbandingan antara tegangan bus dan tegangan rating yang dinyatakan dalam bentuk persentase.

Load flow analysis dibutuhkan dalam perancangan instalasi sistem maupun saat terjadi perubahan konfigurasi pada sistem, setiap penambahan/pengurangan komponen di dalam sistem menyebabkan terjadinya perubahan aliran daya pada komponen lainnya yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan seperti nilai tegangan yang melebihi atau jauh di bawah tegangan ratingnya atau biasa disebut dengan *over/under voltage*.

Melalui *load flow analysis* dapat diperoleh informasi seperti nilai tegangan dan sudut fase tegangan pada saat sistem dalam kondisi *steady-state*. Informasi ini sangat penting untuk diketahui agar dapat memastikan bahwa tegangan, umumnya pada *busbar* berada di dalam rentang yang sesuai dengan standar acuan baku (ANSI atau IEC). Selain itu, dapat dilihat juga perbandingan antara tegangan sebenarnya dan tegangan yang seharusnya, sehingga dapat dihitung seberapa besar nilai rugi-rugi atau *losses* yang terjadi.

Tujuan penggunaan *load flow analysis* untuk mencari nilai dan sudut fase tegangan pada busbar, Aliran daya aktif dan reaktif, Besar losses pada sistem, dan Pengaturan tap transformator yang tepat. Untuk melakukan *load flow analysis*, terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan. Pertama adalah dengan memodelkan jaringan dan komponen sistem yang dapat direpresentasikan

melalui SLD, langkah berikutnya adalah mencari tahu karakteristik dari sistem lalu memilih pendekatan metode apa yang cocok digunakan untuk perhitungan *load flow analysis* pada sistem tersebut, Langkah terakhir adalah proses perhitungan yang kemudian dilanjutkan dengan analisis hasil perhitungan.

Dalam menyelesaikan *load flow analysis* terdapat beberapa metode yang dapat digunakan, salah satunya adalah metode Newton Raphson. Metode Newton-Raphson dikembangkan berdasarkan penurunan Deret Taylor. Metode ini digunakan untuk menyelesaikan suatu persamaan nonlinear dengan dua variabel atau lebih. Sebelum melakukan perhitungan *load flow analysis* perlu dipahami beberapa klarifikasi *busbar* dalam sistem tenaga seperti:

- PQ Bus atau *Load Bus*

PQ Bus merupakan *busbar* yang terkoneksi langsung dengan beban sistem. Pada PQ Bus nilai daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) diketahui sedangkan nilai tegangan ($|V|$) dan sudut fase tegangan (δ) tidak diketahui.

- PV Bus atau *Generator Bus* atau *Voltage-Controlled Bus*

PV Bus merupakan *busbar* yang terkoneksi langsung dengan komponen pembangkitan daya seperti generator. Pada PV Bus nilai daya aktif (P) dan tegangan ($|V|$) diketahui sedangkan daya reaktif (Q) dan sudut fase tegangan (δ) tidak diketahui

- *Swing Bus* atau *Slack Bus* atau *Reference Bus*

Slack Bus merupakan *busbar* yang terkoneksi dengan pembangkit berdaya sangat besar seperti power grid atau terhubung dengan banyak generator (*infinite bus*). Daya yang sangat besar menjadikan *slack bus* memiliki tegangan dan frekuensi yang konstan terlepas dari seberapa banyak daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) yang diserap atau diberikan. Pada *slack bus*

nilai tegangan ($|V|$) dan sudut fase tegangan (δ) diketahui sedangkan nilai daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) tidak diketahui.

Nilai yang tidak diketahui pada setiap jenis busbar nantinya akan dicari melalui perhitungan dengan menggunakan metode Newton-Raphson.

Metode Newton-Raphson merupakan metode penyelesaian persamaan non-linier matematika dengan menggunakan pendekatan titik awal dan turunan pertama/gradien sebagai acuan untuk mendapatkan nilai yang dapat merepresentasikan solusi sesungguhnya. Secara matematis, metode Newton-Raphson dapat ditulis sebagai berikut:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

Langkah untuk mengimplementasikan metode Newton-Raphson ke dalam perhitungan load flow analysis adalah berikut:

1. Membentuk Y_{bus} dari SLD Sistem.
2. Mengasumsikan nilai awal tegangan bus sebagai $|V_i|^0$ dan sudut fase δ_i^0 untuk $i = 1, 2, 3, \dots, n$ untuk PV Bus. Umumnya nilai tegangan sebesar $|V_i|^0 = 1$ dan sudut fase tegangan $\delta_i^0 = 0^\circ$.
3. Menghitung nilai daya aktif (P_i) dan daya reaktif (Q_i) untuk setiap PQ Bus.

$$P_i = V_i V_i V_{ii} \cos \theta_{ii} + \sum_{k=1, k \neq i}^n (V_i V_k V_{ik}) \cos(\delta_i - \delta_k - \theta_{ik})$$

$$Q_i = -V_i V_i V_{ii} \sin \theta_{ii} + \sum_{k=1, k \neq i}^n (V_i V_k V_{ik}) \sin(\delta_i - \delta_k - \theta_{ik})$$

4. Menghitung nilai error atau selisih antara nilai yang sudah diketahui dengan nilai

$$\Delta P_i^{(r)} = P_{i\ sp} - P_{i\ (cal)}^{(r)}$$

$$\Delta Q_i^{(r)} = Q_{i\ sp} - Q_{i\ (cal)}^{(r)}$$
5. Pada PV Bus nilai Q_i tidak diketahui secara pasti, namun batasannya diketahui. Jika

perhitungan nilai Q_i berada dalam rentang batasan, maka hanya nilai ΔP_i saja yang dihitung, namun jika nilai Q_i melebihi batasan maka nilai ΔQ_i merupakan selisih antara nilai Q_i hasil perhitungan dan nilai batasan.

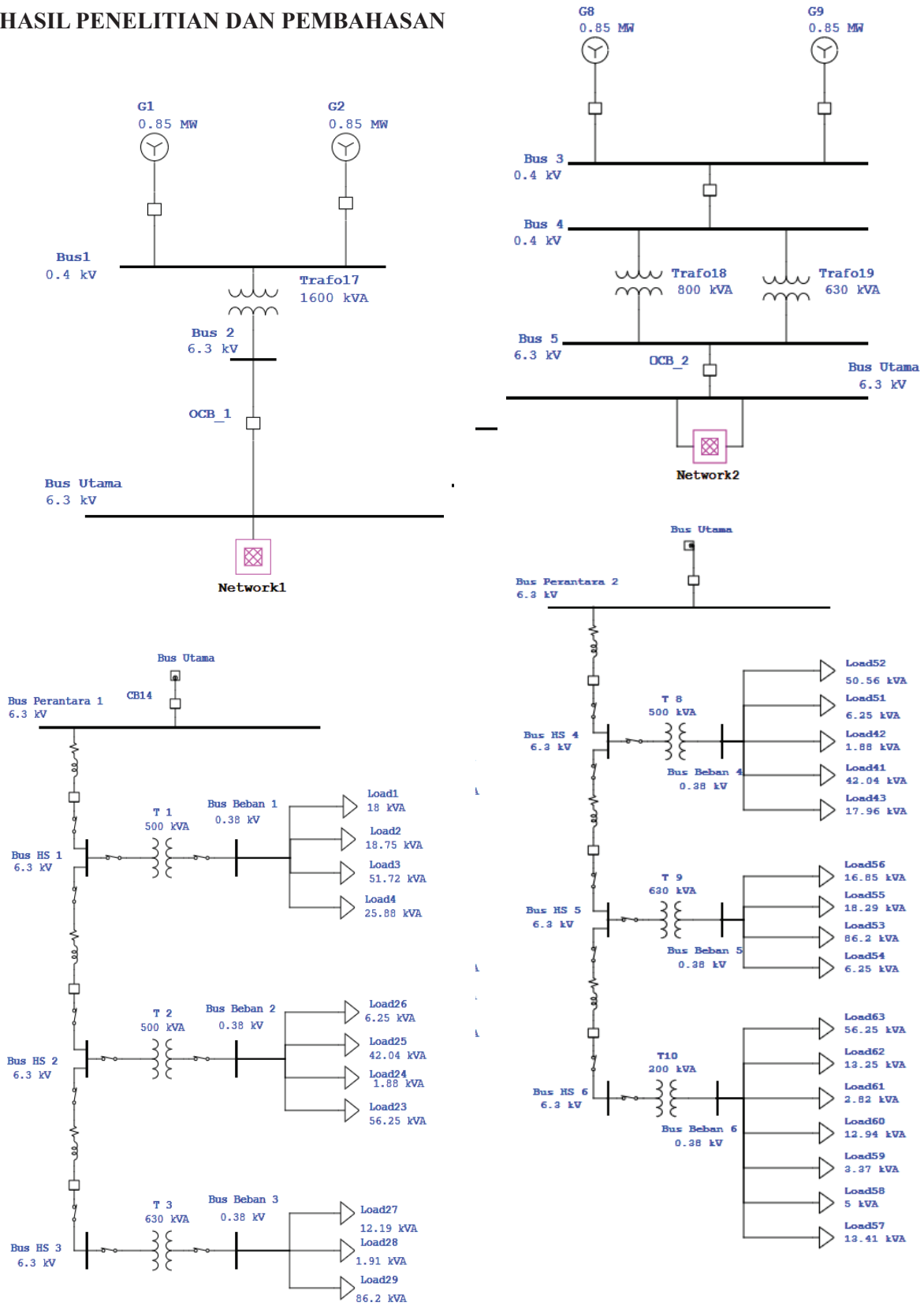
6. $\begin{bmatrix} H & N' \\ M & L' \end{bmatrix}$ matriks jacobian.
7. $\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H & N' \\ M & L' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \frac{\Delta V}{V} \end{bmatrix}$ Mencari nilai $\Delta \delta$ dan $\Delta |V_i|$.
8. Nilai $\Delta \delta$ dan $\Delta |V_i|$ yang diperoleh dari langkah nomer 7 digunakan untuk menghitung tegangan dan sudut tegangan pada semua bus beban dengan persamaan berikut.
9. Kemudian ulangi langkah 2 dengan nilai $\Delta \delta$ dan $\Delta |V_i|$ yang baru (hasil dari langkah 8).
10. Lakukan perhitungan hingga nilai ΔP_i dan ΔQ_i kurang dari toleransi error yang dibutuhkan yaitu

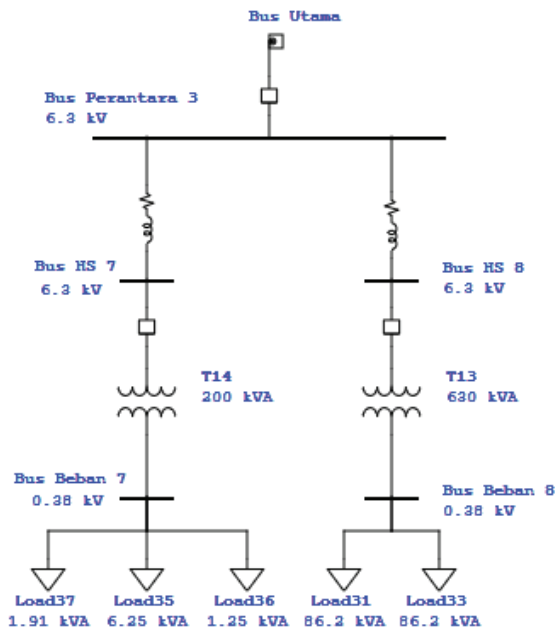
$$\Delta P_i^{(r)} < \epsilon, \quad \Delta Q_i^{(r)} < \epsilon$$
11. Hitung aliran daya pada slack bus sama dengan pada metode Gauss-Seidel.

Dimana ϵ adalah level toleransi dari bus beban.

Terdapat beberapa keuntungan ketika menggunakan metode Newton-Raphson diantaranya jumlah iterasi yang lebih sedikit untuk mencapai konvergensi, hasil yang lebih akurat, dan memiliki karakteristik kekonvergenan kuadrat. Oleh karena alasan tersebut, maka metode Newton Raphson digunakan pada analisis aliran daya pada sistem distribusi PPSDM MIGAS.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN





Berdasarkan pengamatan terhadap jaringan distribusi PPSDM MIGAS, diketahui bahwa bentuk jaringan sistem tenaga listrik pada PPSDM MIGAS berbentuk radial. Jaringan ini merupakan model jaringan yang paling sederhana dan murah. Namun pada model jaringan ini kualitas listrik yang kurang baik dan apabila terjadi gangguan pada suatu titik akan berdampak pada titik yang lain karena tidak teraliri listrik. Tipe jaringan ini merupakan tipe jaringan yang cocok untuk jaringan distribusi di PPSDM MIGAS karena PLTD PPSDM MIGAS hanya melayani penyediaan listrik untuk kawasan kilang dan utilitas PPSDM MIGAS saja, dan tidak ada konsumen lain yang membutuhkan listrik dari PLTD PPSDM MIGAS. Namun apabila terjadi gangguan pada suatu titik, maka akan terjadi pemadaman untuk titik yang lain juga. Untuk mengatasi hal tersebut PPSDM MIGAS menambahkan opsi sambungan dari grid PLN menuju masing-masing area beban sehingga apabila terjadi pemadaman pada suatu titik, area yang lain masih dapat berfungsi secara normal.

Untuk menganalisis aliran daya, maka dibuat pemodelan pada ETAP. Untuk beban yang digunakan adalah 100% *static load*. Dengan menggunakan 11 buah transformator daya yang masing-masing memiliki kapasitas yang berbeda,

misalnya seperti transformator yang memiliki kapasitas 630 kVA dan 500 kVA. Selanjutnya beban dihubungkan dengan setiap trafo yang memiliki kapasitas berbeda, total beban yang digunakan sebanyak 35 titik beban. Beban terdiri atas beban dari titik kilang, *Power Plant*, *Water Treatment* dan sektor perkantoran PPSDM MIGAS. Beban dibagi berdasarkan kemampuan masing-masing trafo agar dapat bekerja secara optimal dan tidak terdapat beban berlebih. Berikut ini adalah tabel daftar beban di PPSDM MIGAS.

Tabel 3. Daftar Beban Trafo di PPSDM Migas

No.	Beban	Daya (kW)	Cos j
1	P. Refux C1	15	0.82
2	P. Refux C2	15	0.89
3	P. Feed 100/3	30	0.89
4	P.Fuel 100/9	11	0.85
5	P. Sirkulasi 100/11	1.5	-
6	P.100/31 Treating	4	-
7	P.100/32 Treating	3	0.89
8	P.100/15	15	-
9	Distribusi Pertasol	45	0.87
10	P.100/21 Loading	45	0.89
11	Residu	45	0.89
12	Kompresor 2	45	-
13	Air dryer 1	4	-
14	P. Blower Force	11	0.82
15	draft fan Boiler 1	2.2	0.78
16	P. Fuel Boiler 2	75	0.87
17	P.1A	11	0.83
18	Kompresor 1	22	0.85
19	P. CPI 1	37	0.88
20	P. B1	1.5	0.8
21	P. BBM G.1, 2	5.5	0.88
22	P. Raw Water 1	0.75	-
23	Exhaust Fan	1	-
24	Charger battery	3	-
	Rectifier	3	-
	Fan motor	1.5	0.785
	Cooling Tower	1.5	0.785

25	Penerangan dan AC	5
26	Penerangan dan AC Kilang	15
27	Penerangan dan AC Boiler	5
		429,95

Hasil kalkulasi program ETAP berupa aliran daya aktif (P) dalam satuan kW, daya reaktif (Q) dalam satuan VAR, daya semu (S) dalam satuan VA, arus yang mengalir pada jaringan, dan tegangan pada tiap-tiap bus. Selain itu akan didapatkan pula perbedaan antara daya pada sisi primer trafo dan sisi sekunder trafo. Dari hal tersebut dapat diketahui penurunan daya yang diakibatkan oleh rugi-rugi daya. Dan rugi-rugi daya disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya adalah : kebocoran isolator, jarak dan lain-lain. Berikut adalah tabel rugi daya.

Tabel 4. Rugi Daya Trafo

No	Trafo ID	Losses		% Bus Voltage		% Drop
		kW	kVAR	From	To	
1	Trafo 1	0.2	1.2	98.1	97.8	0.74
2	Trafo 2	0.2	1.0	98.1	97.3	0.71
3	Trafo 3	0.2	0.8	97.8	97.2	0.63
4	Trafo 8	0.3	1.3	98.5	97.8	0.73
5	Trafo 9	0.3	1.4	98.3	97.5	0.80
6	Trafo 10	0.5	2.5	98.2	96.3	1.83
7	Trafo 13	0.6	2.5	98.8	97.7	1.07
8	Trafo 14	0.0	0.0	98.9	98.8	0.17
9	Trafo 17	1.0	6.9	100.0	98.9	1.05
10	Trafo 18	0.6	3.4	100.0	98.9	1.05
11	Trafo 19	0.7	2.7	100.0	98.9	1.05

Terlihat pada tabel, total rugi daya pada sistem distribusi PPSDM MIGAS adalah sebesar 4,6 kW untuk daya aktif dan 23,7 kVAR untuk daya reaktif.

Untuk hasil analisis aliran daya dapat dilihat pada tabel 1.1 ([lihat lampiran](#)).

Terlihat pada tabel tersebut untuk baris 1 sampai 4 berisi informasi arah aliran daya dari bus beban ke bus utama dan baris 5 adalah arah aliran daya dari bus utama ke bus beban. Karena beban bersifat statis, maka data yang mengalir dari bus utama ke bus beban sebesar daya beban itu sendiri.

KESIMPULAN

Hasil simulasi analisis aliran daya yang dilakukan menggunakan software ETAP, dapat disimpulkan bahwa : Simulasi aliran daya pada sistem distribusi PPSDM MIGAS tidak mengalami *overload*, hal ini dikarenakan total beban yang digunakan di PPSDM MIGAS tidak melebihi kapasitas yang disediakan oleh PLTD PPSDM MIGAS. Jatuh tegangan pada sistem distribusi di PPSDM MIGAS juga tidak melebihi 4% sehingga jatuh tegangan yang ada masih dapat ditoleransi. Total rugi-rugi daya 4,6 kW untuk daya aktif dan 23,7 kVAR untuk daya reaktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Circuit Globe. Newton Rhapsod Method. <https://circuitglobe.com/newton-raphson-method.html>
- Palaloi, S. (2009). Tahapan Mendisain Sistem Pembangkit Tenaga Listrik. *Jurnal Ilmiah Tek Energi*, 1(8), 41-57.
- Pandapotan, S. (2015). Penggunaan ETAP 12.6 Sebagai Software Analisis Power Quality. *Tek. Elektro, Prodi Tek. List. Negeri Jakarta*, 1, 123-127.
- Pratama, S. P., Hayatullah, W., Yakut, F. M., & Umam, M. F. (2021). Analisa Performa Generator Set Diesel PLTD Terhadap Perubahan Beban di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 11(1), 15-27.
- Supriyadi, A. (2016). Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Software ETAP 12.6. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 6(3).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Aliran Daya

No	BUS			Beban statis			Aliran daya			Power Factor %
	ID	type	kV	kW	kVAR	Menuju	kW	kVAR	Arus	
1	Bus Beban 1	load	0.38	92.2	j 58.3	Bus Utama	-92.2	-j 58.3	169	84.9
2	Bus Beban 2	load	0.38	84.1	j 56.5	Bus Utama	-84.1	-j 56.5	157	83.4
3	Bus Beban 3	load	0.38	81.7	j 49	Bus Utama	-81.7	-j 49	148	86.1
4	Bus Beban 4	load	0.38	99.8	j 55.8	Bus Utama	-99.8	-j 55.8	176.2	87.7
5	Bus Beban 5	load	0.38	104.9	j 62.6	Bus Utama	-104.9	-j 62.6	188.8	86.3
6	Bus Beban 6	load	0.38	81.4	j 60	Bus Utama	-81.4	-j 60	156.5	81.5
7	Bus Beban 7	load	0.38	7.32	j 5.57	Bus Utama	-7.32	-j 5.57	14.1	79.7
8	Bus Beban 8	load	0.38	144.1	j 83.7	Bus Utama	-144.1	-j 83.7	255.9	87
9	Bus Utama	Swing	6.3	-	-	Bus Beban 1	92.2	j 58.3	10.2	84.52
						Bus Beban 2	84.1	j 56.5	9.5	82.99
						Bus Beban 3	81.7	j 49	8.9	85.75
						Bus Beban 4	99.8	j 55.8	10.6	87.28
						Bus Beban 5	104.9	j 62.6	11.4	85.88
						Bus Beban 6	81.4	j 60	9.4	80.53
						Bus Beban 7	7.32	j 5.57	0.852	79.61
						Bus Beban 8	144.1	j 83.7	15.4	86.49

