

## Pengaruh Pembebanan Terhadap Kestabilan Frekuensi pada Mesin Komatsu-01 PLTD Fakfak

**Ramla Kelkulat**

Teknik Listrik, Politeknik Negeri Fakfak, Fakfak Papua Barat

**Rusliadi**

Teknik Listrik, Politeknik Negeri Fakfak, Fakfak Papua Barat

**Nurul Husnah**

Teknik Listrik, Politeknik Negeri Fakfak, Fakfak Papua Barat

Alamat: Jl. Imam Bonjol Atas, Kampung Tanama, Kabupaten Fakfak

Korespondensi penulis: [rusliadi@polinef.id](mailto:rusliadi@polinef.id)

**Abstract.** A generator is a device used to convert mechanical motion energy into electrical energy with a rotor rotation frequency equal to the frequency of the voltage generated. Generators use electromagnetic principles in their energy operation. The problem that often arises with generators is the use of excessive loads, which causes a slowdown in the rotor rotation. When load requirements increase and cannot be met by the generator, it is necessary to shed the load on the system. This aims to stabilize the frequency and balance between generator power and load. In this research, it is known that loading has a significant effect on the frequency generator. Based on the load measurement results, it is known that loads of 350 kW, 400 kW and 440 kW cause a decrease in frequency to 49.8 Hz, 49.2 Hz and 49 Hz.

**Keywords:** Loading, Frequency Stability, PUIL Standards, Generators

**Abstrak.** Generator merupakan alat yang digunakan untuk mengubah energi gerak mekanik menjadi energi listrik dengan frekuensi putaran rotor sama dengan frekuensi tegangan yang dibangkitkan. Generator menggunakan prinsip elektromagnetik dalam pengoperasian energinya. Permasalahan yang sering muncul pada generator adalah penggunaan beban yang berlebihan sehingga menimbulkan perlambatan pada putaran rotor. Ketika kebutuhan beban meningkat dan tidak dapat dipenuhi oleh generator maka perlu dilakukan pelepasan beban pada system. Hal ini dimaksudkan untuk menstabilkan frekuensi serta keseimbangan antara daya generator dan beban. Pada penelitian ini telah diketahui bahwa pembebanan sangat berpengaruh terhadap frekuensi generator. Berdasarkan hasil pengukuran beban diketahui bahwa beban sebesar 350 kW, 400 kW dan 440 kW menyebabkan terjadinya penurunan frekuensi menjadi 49,8 Hz, 49,2 Hz dan 49 Hz.

**Kata kunci:** Pembebanan, Kestabilan Frekuensi, Standar PUIL, Generator.

## LATAR BELAKANG

Kebutuhan negara akan perangkat elektronik semakin meningkat pesat. Hal ini terlihat dari berbagai aktivitas industri hingga komponen rumah tangga yang menggunakan perangkat canggih dan membutuhkan energi yang optimal (Rusliadi, Elo, Husnah, & Lembang, 2023) (Rusliadi, Lembang, Elo, Prastoro, & Kafara, 2023). Hal serupa juga terjadi di Kabupaten Fak Fak, dimana laju pertumbuhan dan pembangunan semakin pesat sehingga membutuhkan energi listrik yang semakin banyak. Peningkatan aktivitas masyarakat ini menyebabkan peningkatan kebutuhan konsumsi energi listrik. Untuk memenuhi permintaan yang terus meningkat tersebut, PT. PLN (Persero) ULP Fakfak terus berupaya memenuhi kebutuhan tersebut (Elo, Rusliadi, & Suli, 2022).

Dalam penyaluran tenaga listrik ke konsumen sering terjadi ketidakseragaman beban sehingga mengakibatkan ketidakseimbangan (Rusliadi, Elo, & Lembang, Analisis Ketidakseimbangan Beban pada Transformator Bambang Djaja ULP Fakfak, 2022). Terjadi ketidakseimbangan beban antara fasa R, S, dan T, dan arus mengalir pada kabel netral. Arus yang mengalir melalui kabel netral menyebabkan hilangnya daya. Suatu beban dianggap seimbang jika setiap fasa membawa jumlah arus yang sama. Namun kenyataannya potensi ketidakseimbangan selalu ada sehingga arus menjadi tidak seimbang. Dalam keadaan seimbang, daya sesaat mempunyai nilai konstan, namun dalam keadaan tidak seimbang, daya sesaat tiga fasa mengandung dua komponen yaitu komponen bernilai tetap dan komponen berosilasi dua kali frekuensi catu daya (Asmar, 2018).

Penyediaan tenaga listrik kepada konsumen memerlukan sistem tenaga listrik yang andal. Salah satu syarat suatu jaringan tenaga listrik adalah dianggap handal jika nilai frekuensinya memenuhi persyaratan keandalan sistem pembangkit tenaga listrik dalam batas yang ditentukan (yaitu 50 Hz standar ketenagalistrikan Indonesia). Nilai frekuensi sangat penting ketika memasok daya ke konsumen dengan kebutuhan energi berbeda (Simamora, Sinaga, Mutiara, Mariaty, & Sitohang, 2023). Solusi untuk meminimalkan terjadinya gangguan akibat perbedaan tingkat daya adalah dengan melakukan skenario pelepasan beban dengan menghilangkan kelebihan beban pada salah satu sistem dan memitigasi dampak lebih lanjut pada saluran transmisi (Jozi, Haddin, & Gunawan, 2019).

## KAJIAN TEORITIS

### Ketidakstabilan Frekuensi

Stabilitas suatu sistem energi adalah keadaan dimana sistem energi dapat beroperasi secara setimbang pada kondisi operasi normal dan dapat kembali ke setimbang setelah terjadi gangguan pada sistem energi. Ketidakstabilan sistem tenaga listrik dapat terjadi dengan berbagai cara tergantung pada konfigurasi sistem dan mode operasi. Pada dasarnya, masalah stabilitas adalah bagaimana menjaga sinkronisasi operasi. Suatu sistem tenaga listrik dikatakan stabil jika daya masukan mekanis yang dihasilkan oleh penggerak mula sama dengan daya keluaran listrik yang didistribusikan ke beban. Ketika beban sistem berubah, akan terjadi ketidakseimbangan kinerja mekanik dan listrik generator. Ketika beban berkurang, keluaran listrik otomatis berkurang, dan keluaran mekanis menjadi terlalu besar, yang meningkatkan kecepatan rotor generator, mengakibatkan hilangnya sinkronisasi dengan sistem. Namun ketika beban bertambah, otomatis output listrik akan meningkat dan output mekanis akan menurun seiring dengan bertambahnya beban pada generator, yang dapat menyebabkan rotor generator berputar lebih lambat dan kehilangan sinkronisasi dengan sistem. Akselerasi dan deselerasi rotor generator dapat menyebabkan generator dan sistem kehilangan sinkronisasi.

Kestabilan beban listrik memerlukan frekuensi tinggi agar tegangan benar-benar seragam (keadaan hidup (1) dan mati (0) tidak terlihat; tegangan frekuensi disebut juga arus bolak-balik). Frekuensinya proporsional. sesuai dengan putaran generator. Dirumuskan sebagai berikut (Graha, 2014):

$$N = \frac{120 \times f}{p} \quad (1)$$

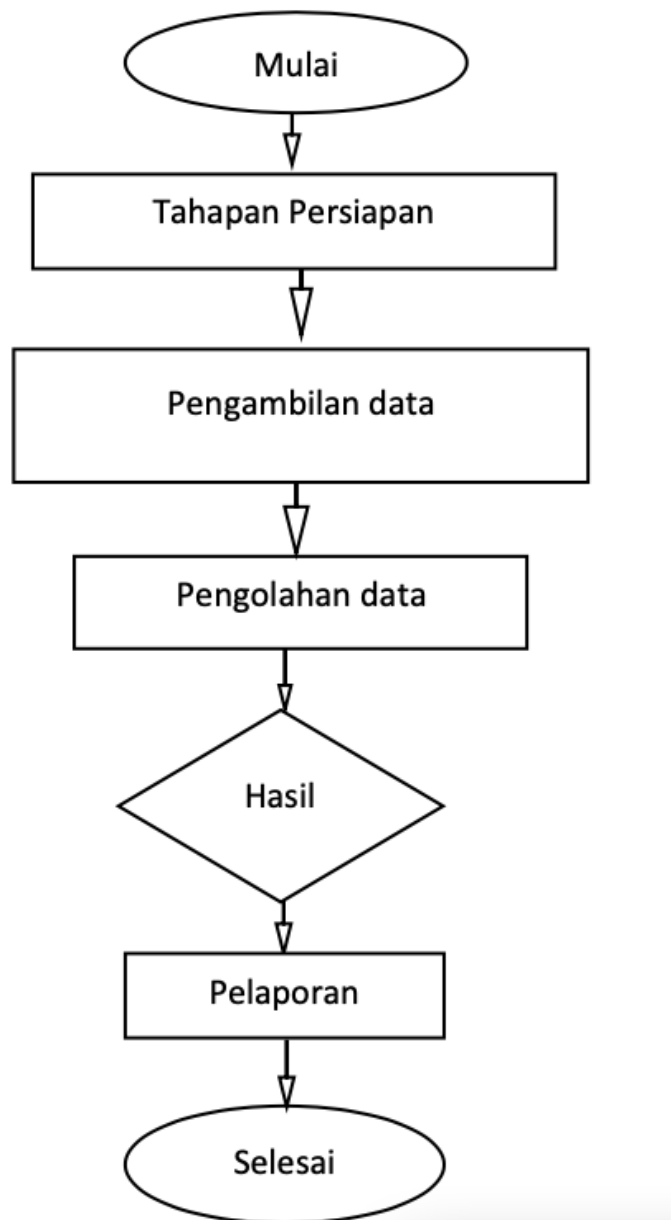
Stabilitas frekuensi mengacu pada kemampuan sistem untuk mempertahankan rentang frekuensi yang stabil akibat gangguan yang mengganggu keseimbangan antara produksi dan beban listrik. Masalah dengan stabilitas frekuensi sering kali muncul karena kurangnya peralatan, kegagalan dalam mengoordinasikan peralatan kontrol dan keselamatan/perlindungan (pembangkitan IP), atau ketika daya cadangan tidak disediakan selama pembangkitan (Marsudi, 2006).

### METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengumpulan data melalui observasi ke lapangan melalui *interview* dan pengamatan terhadap fenomena yang diamati.

Setelah proses pengamatan selesai dilakukan analisis data untuk memperoleh kesimpulan yang diharapkan agar dapat dipertanggungjawabkan.

Metodologi penelitian yang akan dilakukan dibagi menjadi beberapa tahap, diantaranya adalah dimulai dengan tahapan persiapan beberapa referensi, pengambilan data teknis pada PLTD Kebun Kapas, PT. PLN ULP Fakfak, pengolahan data, hasil dan kesimpulan dicantumkan dalam laporan. Adapun beberapa data yang dibutuhkan dalam analisa penelitian ini seperti data perbandingan frekuensi, beban, tegangan, dan arus. Diagram alir pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar berikut.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

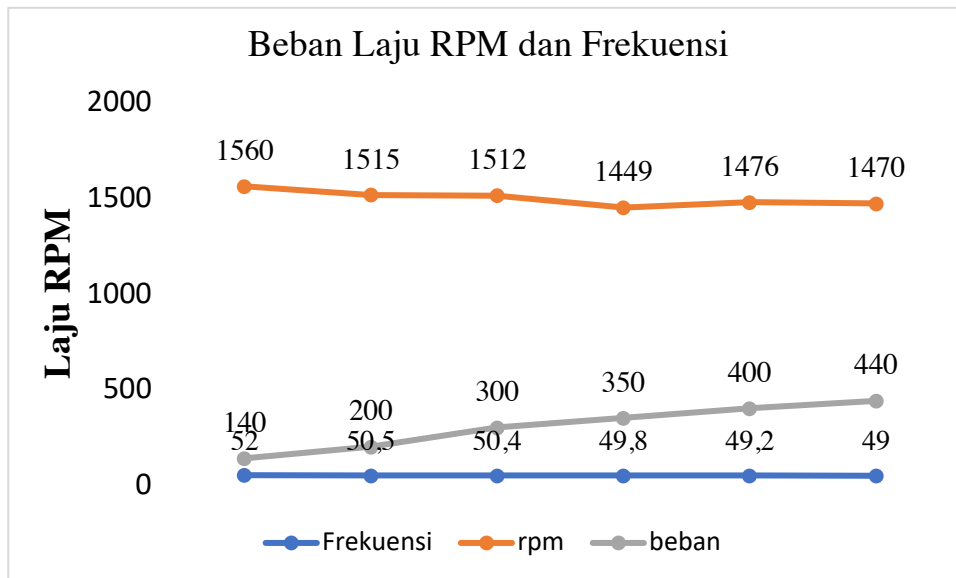
Dari hasil pemanatuan pada lokasi penelitian PLTD Kebun Kapas, diperoleh data perbandingan frekuensi, beban, tegangan dan arus sebagai berikut:

Tabel 1 Data hasil pengamatan Frekuensi, beban, tegangan dan arus

Frekuensi (Hz)	Beban (kW)	Tegangan (V)	Arus (Amp)		
			R	S	T
52,0	140	260	250	258	259
50,3	200	390	338	338	341
50,4	300	390	446	476	473
49,8	350	390	524	536	573
49,2	400	385	584	599	588
49,0	440	385	643	654	646

Pada tabel 1 terlihat bahwa nilai pengukuran frekuensi terhadap pemakaian beban, berbanding terbalik. Dimana pada frekuensi tertinggi yaitu 52 Hz berada saat beban rendah 140 KW. Sedangkan untuk nilai frekuensi terendah dapat dilihat yaitu 49 Hz, dimana pemakaian beban meningkat hingga 440 KW. hal yang harus dilakukan untuk mengembalikan nominal frekuensi pada angka standar (50 Hz) yaitu dengan menstabilkan laju perputaran motor ke angka normal.

Sebagaimana pada persamaan 1 diketahui bahwa frekuensi sebanding dengan putaran generator. Sehingga untuk menstabilkan frekuensi perlu diketahui besar putaran generator (rpm). Ketidak stabilan frekuensi dipengaruhi oleh dua kondisi yaitu penurunan frekuensi (*Under Frekuensi*) dan kenaikan frekuensi (*Over Frekuensi*). Penyebab terjadinya kedua hal tersebut dipengaruhi oleh beban yang berubah-ubah. Berdasarkan hasil perhitungan ketidakstabilan frekuensi sebagaimana ditampilkan pada grafik berikut:



Gambar 2 Pengaruh Pembebanan Terhadap Laju RPM dan Frekuensi

Dari gambar 2 di atas terlihat bahwa pada kondisi tertentu, generator mengalami penurunan frekuensi yang ditandai dengan menurunnya lajur rpm pada rotor. Penurunan frekuensi terjadi ketika beban mulai mencapai 350 kW, 400 kW dan 440 kW yang menyebabkan frekuensi turun menjadi 49,8 Hz, 49,2 Hz dan 49 Hz. Besarnya pembebanan mempengaruhi besarnya laju putaran generator (rpm). Semakin besar beban yang diberikan pada generator maka frekuensi generator akan semakin rendah dan kecepatan putaran generator juga semakin kecil. Untuk menjaga kestabilan genset, sebaiknya atur bebannya agar tidak terlalu banyak berubah. Sebagai bagian dari perawatan genset, batas beban maksimum genset harus selalu diperhatikan

## KESIMPULAN DAN SARAN

Penyebab terjadinya ketidakstabilan frekuensi pada PLTD Kabupaten Fakfak dikarenakan oleh naik dan turunnya beban terhadap pemakaian pada mesin KOMATSU-01. Hal tersebut mempengaruhi kecepatan RPM dan perubahan frekuensi dengan standar kecepatan putaran mesin 1.500 rpm dan frekuensi 50 Hz. Dimana saat beban turun 140 KW, kecepatan putaran mesin naik menjadi 1.560 rpm dan frekuensi 52,0 Hz. Begitu juga saat beban naik 440 KW, kecepatan putaran mesin turun menjadi 1.470 dan frekuensi 49,0 Hz. Untuk menjaga kestabilan genset, sebaiknya atur bebannya agar tidak terlalu banyak berubah. Sebagai bagian dari perawatan genset, batas beban maksimum genset harus selalu diperhatikan

## DAFTAR REFERENSI

- Asmar. (2018). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Stabilitas Steady State. *Jurnal ECOTIPE*, 5(1), 39-44.
- Elo, Y. L., Rusliadi, & Suli, D. Y. (2022). Analisis Pembebanan Transformator Distribusi Tipe Voltra 100 kVA pada Jalan Mambruk dalam PT. PLN (Persero) ULP Fakfak. *Jurnal Kewarganegaraan*, 6(3), 5972-5979.
- Graha, S. (2014). OWER MANAGEMENT PLN-GENSET PADA BANK INDONESIA CABANG BANJARMASIN. *Jurnal POROS TEKNIK*, 55-102.
- Jozi, R. F., Haddin, M., & Gunawan. (2019). Analisis Mekanisme Pelepasan Beban Terhadap Pengaruh Kestabilan Frekuensi dan Tegangan Akibat Putusnya Generator pada Gardu Induk Tambak Lorok. *KONFERENSI ILMIAH MAHASISWA UNISSULA (KIMU)*. Semarang.
- Marsudi, D. (2006). *OPERASI SISTEM TENAGA LISTRIK*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Rusliadi, Elo, Y. L., & Lembang, n. (2022). Analisis Ketidakseimbangan Beban pada Transformator Bambang Djaja ULP Fakfak. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 1(1), 07-09.
- Rusliadi, Elo, y. L., & Lembang, N. (2022). Analisis Ketidakseimbangan Beban pada Transformator Bambang Djaja ULP Fakfak. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu teknik*, 1(1), 07-09.
- Rusliadi, Elo, Y. L., Husnah, N., & Lembang, N. (2023). Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi 20 KV pada Gardu Distribusi Tipe BBD Kampung Tanama PT PLN (Persero) ULP Fakfak. *Jurnal Informasi, Sains dan Teknologi*, 6(2), 56-68.
- Rusliadi, Lembang, N., Elo, Y. L., Prastoro, W., & Kafara, H. J. (2023). Pengaruh Arus Netral Terhadap Rugi-Rugi Daya pada Trafo Distribusi 200 kVA Kayu Merah Fakfak. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)*, 5(2), 288-294.
- Simamora, A. M., Sinaga, J., Mutiara, P., Mariaty, L., & Sitohang, R. (2023). ANALISA PENGARUH PERUBAHAN BEBAN TERHADAP FREKUENSI GENERATOR SATU PHASA. *JESCE (Journal of Electrical and System Control Engineering)*, 7(1), 47-55.