

## PENGESAHAN

### ANALISIS KETIDAKSTABILAN TEGANGAN DAN FREKUENSI PADA PLTA PAKKAT

#### TUGAS AKHIR

Oleh :

**SATRIA CARTENZ GULO**

**NPM : 19330009**

Lulus Sidang Tugas Akhir tanggal : 3 April 2024

Periode Semester Ganjil T.A. 2023/2024

Disahkan dan disetujui oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Libianko Sianturi, S.T., M.T.

NIDN : 0120067701



Ir. Fiktor Sihombing, M.T.

NIDN : 0116046001

Diketahui oleh :

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dekan Fakultas Teknik



Ir. Lestina Siagian, M.Si

NIDN : 0120125901



Ir. Yetty Riris R. Saragi, ST., MT., IPU., ACPE

NIDN : 0103017503

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Kestabilan tegangan adalah kemampuan sistem pembangkit untuk menjaga tegangan tetap berada pada kondisi stabil baik dalam operasi normal maupun pasca mengalami gangguan. Ketidakstabilan tegangan akan mengakibatkan tegangan turun atau tegangan naik. Dampak yang timbul dari ketidakstabilan tegangan adalah drop voltage (jatuh tegangan) atau hilangnya integritas sistem daya yang memungkinkan terjadinya pemadaman total atau sebagian. Yang mengatur tinggi rendahnya tegangan keluaran generator adalah arus eksitasi melalui AVR (Auto Voltage Regulator)

Begitu halnya dengan kestabilan tegangan yang perlu dijaga, kestabilan frekuensi juga. Energi listrik yang memiliki frekuensi berkualitas baik akan menghindarkan peralatan listrik dari kerusakan (untuk Indonesia frekuensi yang dipakai adalah 50Hz). Frekuensi merupakan penanda keselarasan antara daya yang dibangkitkan oleh generator dengan beban yang ditanggung. Yang mengatur besarnya frekuensi adalah governor. Contoh akibat dari ketidakstabilan frekuensi yaitu, penurunan frekuensi akan terjadi apabila daya yang dibangkitkan tidak mencukupi akibat dari kelebihan beban. Turunnya frekuensi secara signifikan dapat membuat sistem pembangkitan mengalami kegagalan secara beruntun bahkan menjadi kegagalan total. Jadi, artinya kestabilan tegangan dan frekuensi adalah kemampuan AVR dan governor untuk bekerja menyesuaikan tegangan dan frekuensi berdasarkan perubahan beban dan sumber energi.

Bersadarkan pengalaman saya sewaktu melakukan Kerja Praktik pada PLTA Pakkat, saya menemukan fenomena ketidakstabilan tersebut. Saya melihat kesenjangan frekuensi dan tegangan yang lumayan tinggi pada waktu tertentu. Dan ternyata penyebab yang sering terjadi dari ketidakstabilan ini adalah akibat dari perubahan beban yang besar. Dalam hal ini bila generator diberi beban yang berubah-ubah, maka besarnya tegangan dan frekuensi akan berubah-ubah juga.

Dikarenakan fenomena ini, saya tertarik untuk menjadikan ini bahan penelitian saya untuk menganalisa perubahan beban yang terjadi dan efeknya untuk tegangan dan frekuensi pada PLTA Pakkat.

Berdasarkan latar belakang, penelitian dengan judul “Analisis Ketidakstabilan Tegangan Dan Frekuensi Pada PLTA Pakkat” akan menganalisis perbandingan sistem tegangan dan frekuensi PLTA Pakkat secara umum apabila terjadi perubahan beban yang terjadi melalui perbandingan beban harian, dan analisis ketidakstabilan tegangan serta frekuensi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Apa efek dari perubahan beban terhadap tegangan pada PLTA Pakkat ?
2. Apa efek dari perubahan beban terhadap frekuensi pada PLTA Pakkat ?
3. Bagaimana solusi untuk mengatasi efek perubahan beban yang mengakibatkan ketidakstabilan terhadap tegangan dan frekuensi pada PLTA Pakkat ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan rumusan masalah dari penelitian ini, maka masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini akan dibatasi pada masalah :

1. Penelitian ini dilaksanakan pada PLTA Pakkat.
2. Penelitian ini hanya menganalisa tentang ketidakstabilan tegangan dan frekuensi akibat dari perubahan beban pada PLTA Pakkat.
3. Hubungan antara ketidakseimbangan arus beban pada setiap fasa tidak dibahas.
4. Penelitian ini dilakukan selama 7 hari (29 Januari – 04 Februari)
5. Perubahan beban yang dianalisis adalah total arus beban dari semua jalur distribusi PLTA Pakkat.
6. Penelitian ini menggunakan data primer.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini berdasarkan latar belakang masalah sebagai berikut :

1. Mengetahui apa efek dari perubahan beban terhadap tegangan pada PLTA Pakkat.
2. Mengetahui apa efek dari perubahan beban terhadap frekuensi pada PLTA Pakkat.
3. Mengetahui solusi untuk mengatasi efek perubahan beban yang mengakibatkan ketidakstabilan terhadap tegangan dan frekuensi pada PLTA Pakkat.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah :

1. Sebagai bahan informasi dan pengetahuan tentang “Ketidakstabilan tegangan dan frekuensi serta solusi mencapai kestabilannya” bagi pembaca, khusus nya Mahasiswa Teknik Elektro Universitas HKBP Medan.
2. Menjadi informasi dan bahan acuan tentang untuk penulisan karya ilmiah selanjutnya.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah pembahasan Tugas Akhir ini agar lebih terstruktur, penulis membuat sistematika penulisan dengan urutan sebagai berikut :

1. BAB I PENDAHULUAN  
Pada bab ini berisi mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika.
2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA  
Pada bab ini menguraikan kajian teori pendukung yang berhubungan dengan pembahasan Tugas Akhir ini.
3. BAB III METODE PENELITIAN  
Pada bab ini berisi tentang tempat dan waktu pelaksanaan, serta metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini .

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan hasil dan pembahsan dari penelitian yang dilakukan.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari seluruh hasil pembahasan penelitian dan saran-saran yang relevan yang dapat menyempurnakan Tugas Akhir ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

Pada bab ini berisi sumber-sumber ataupun referensi literatur yang digunakan dalam Tugas Akhir ini.

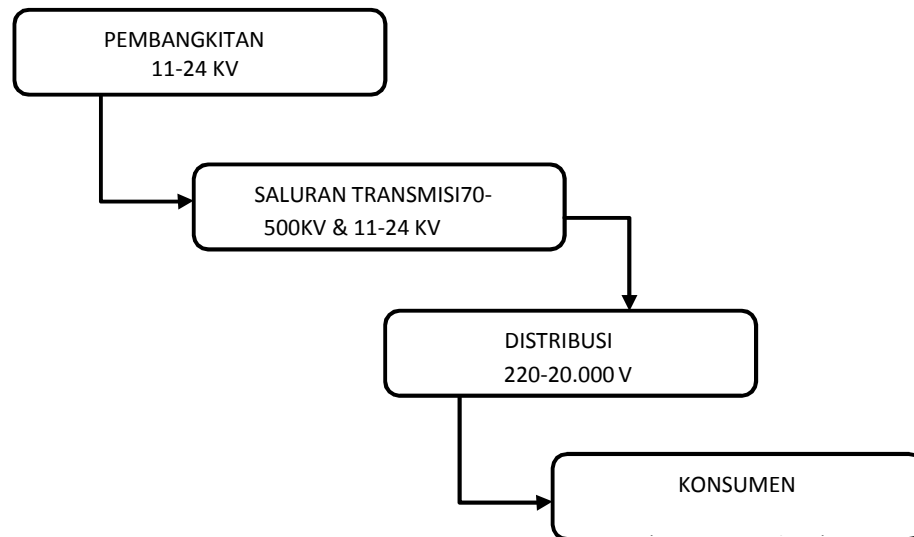
7. LAMPIRAN

Berupa segala bentuk dokumentasi yang diperlukan selama penelitian.



### 2.1.2 Level Tegangan Listrik Pada Sistem Tenaga Listrik

Pada sistem tenaga listrik, setiap komponen memiliki peranan tersendiri sesuai dengan fungsinya. Oleh karena itu setiap komponen juga memiliki tingkat level tegangan yang berbeda – beda. Untuk pembagian lever tegangan dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Pembagian Level Tegangan<sup>[2]</sup>

Pada pembangkitan, level tegangan tergantung dari kapasitas generator pembangkit yang dipakai, pada umumnya antara 11 kv – 24 kv. Untuk saluran transmisi pada umumnya, level tegangannya lebih tinggi dari pembangkit berkisar antara 70 kv – 500 kv<sup>[3]</sup>. Karena fungsi saluran transmisi adalah mengirimkan daya, sehingga diperlukan sistem yang mampu mengirimkan daya secara efisiensi atau rendah nya rugi-rugi daya dan jatuh tegangan yang kecil. Untuk itu perlu menaikkan level tegangan agar arus yang mengalir pada jaringan transmisi lebih kecil.

Untuk jaringan distribusi akan menggunakan level tegangan yang lebih rendah dari saluran transmisi. Karena akan menyesuaikan dengan tegangan pelanggan atau pengguna energi listrik. Level tegangan yang sering digunakan pada jaringan distribusi yaitu, untuk JTM sebesar 20 kv dan JTR sebesar 220/380v. Untuk level tegangan beban biasanya di sesuaikan dengan klasifikasi beban tersebut, contohnya untuk beban industri biasanya menggunakan tegangan

20kv, berbedah dengan beban rumah tangga yang relatif lebih kecil dengan tegangan 220v.

## **2.2 Kestabilan Sistem Tenaga Listrik**

Kestabilan sistem tenaga listrik adalah kemampuan keseluruhan suatu sistem tenaga listrik dengan kondisi operasi awal tertentu, untuk mendapatkan kembali kondisi kestabilan operasi pasca mengalami gangguan<sup>[8]</sup>. Sistem tenaga listrik bekerja berdasarkan perubahan beban, output generator, topologi lingkungan, dan parameter operasi lain yang berubah secara kontinu. Gangguan pada sistem tenaga listrik dibagi menjadi 2, yakni gangguan kecil dan gangguan besar. Gangguan kecil berupa perubahan beban yang terjadi secara kontinu dan sistem menyesuaikan dengan perubahan kondisi. Sistem harus dapat beroperasi dalam setiap kondisi secara memuaskan dan sesuai dengan permintaan beban. Selain itu, sistem juga harus dapat bertahan terhadap beberapa gangguan besar dari dalam maupun luar sistem, termasuk hubung singkat (shortcircuit) pada saluran transmisi atau lepasnya sebuah pembangkit besar.

Penyebab utama ketidakstabilan tegangan dan frekuensi adalah ketidakmampuan sistem tenaga untuk memenuhi permintaan daya aktif. Sedangkan beban sistem yang berupa daya aktif selalu berubah sepanjang waktu. Untuk mempertahankan tegangan dan frekuensi tetap dalam nilai standar yang berlaku, penyediaan daya aktif (pembangkit) harus diikuti dengan beban daya aktif.

Suatu sistem tenaga listrik yang baik harus memenuhi beberapa syarat, seperti Reliability ( keandalan ), Quality ( kualitas ), dan Stability ( stabil ).

- Reliability adalah keandalan suatu sistem untuk memasok energi listrik secara kontinu
- Quality adalah kualitas sistem tenaga listrik harus menghasilkan besaran energi listrik sesuai standar yang ditetapkan untuk tegangan dan frekuensi.
- Stability adalah kemampuan dari sistem daya untuk dapat bekerja secara normal pasca mengalami gangguan.



Dalam sistem tenaga listrik yang baik maka ketiga syarat tersebut harus dipenuhi yaitu sistem harus mampu memberikan pasokan listrik secara terus menerus dengan standar besaran untuk tegangan dan frekuensi sesuai dengan aturan yang berlaku dan harus segera kembali normal bila sistem terkena gangguan.

Sistem tenaga listrik mempunyai variasi beban yang sangat dinamis dimana setiap detik akan berubah-ubah, dengan adanya perubahan ini pasokan daya listrik tetap dan harus dipasok dengan besaran daya yang sesuai, bila pada saat tertentu terjadi lonjakan atau penurunan beban yang tidak terduga maka perubahan ini sudah dapat dikategorikan kedalam gangguan pada sistem tenaga listrik yakni kondisi tidak seimbang antara pasokan listrik dan permintaan energi listrik akibat adanya gangguan baik pada pembangkit ataupun pada sistem transmisi sehingga mengakibatkan kerja dari pembangkit yang lain menjadi lebih berat. Untuk itu perlu dilakukan penelaahan kestabilan agar pembangkit yang terganggu tidak terlepas dari sistem.

### **2.2.1 Kestabilan Tegangan**

Kestabilan tegangan adalah kemampuan sistem pembangkit untuk menjaga tegangan tetap berada pada kondisi stabil baik dalam operasi normal maupun pasca mengalami gangguan <sup>[10]</sup>. Ketidakstabilan tegangan akan mengakibatkan tegangan turun atau tegangan naik. Dampak yang timbul dari ketidakstabilan tegangan adalah drop voltage ( jatuh tegangan ) atau hilangnya integritas sistem daya yang memungkinkan terjadinya pemadaman total atau sebagian.

Masalah kestabilan tegangan biasanya terjadi pada sistem dengan pembebanan yang besar. Ketidakstabilan tegangan dapat menginisiasi terjadinya voltage collapse. Gangguan yang menyebabkan voltage collapse dapat dipicu oleh beberapa hal, seperti naiknya beban atau gangguan besar yang muncul secara tiba-tiba. Masalah yang paling mendasar adalah lemahnya sistem tenaga listrik.

Istilah-istilah yang terkait dengan kestabilan tegangan dapat didefinisikan sebagai berikut :

- a. Kestabilan tegangan (*voltage stability*) adalah kemampuan dari sistem tenaga listrik untuk mempertahankan tegangan dalam sistem agar tetap berada dalam batas toleransi tegangan, baik pada saat kondisi normal maupun pasca mengalami gangguan.
- b. Runtuh tegangan (*voltage collapse*) adalah proses dimana ketidakstabilan tegangan berakhir pada nilai tegangan yang sangat rendah pada bagian penting dari sistem tenaga listrik.
- c. Keamanan tegangan (*voltage security*) adalah kemampuan dari sistem tenaga listrik, tidak hanya untuk beroperasi stabil, tetapi juga tetap stabil (selama sistem proteksi tetap bekerja untuk mempertahankan tegangan) setelah terjadi gangguan atau perubahan keadaan sistem yang signifikan.

Ketidakstabilan tegangan dan proses *voltage collapse* dapat terjadi dalam selang waktu beberapa detik hingga beberapa menit. Sejumlah komponen dan kendali sistem tenaga listrik memainkan peran dalam kestabilan tegangan. Karakteristik sistem dan gangguan akan menentukan fenomena yang penting bagi suatu sistem tenaga listrik. Berdasarkan rentang waktu terjadinya, kestabilan tegangan dibagi menjadi kestabilan tegangan transien (*transient voltage stability*) dan kestabilan tegangan jangka panjang (*longer-term stability*).

### **2.2.2 Kestabilan Frekuensi**

Frekuensi merupakan penanda keselarasan antara daya yang dibangkitkan oleh generator dengan beban yang ditanggung. Yang mengatur besarnya frekuensi adalah governor. Contoh akibat dari ketidakstabilan frekuensi yaitu, penurunan frekuensi akan terjadi apabila daya yang dibangkitkan tidak mencukupi akibat dari kelebihan beban. Turunnya frekuensi secara signifikan dapat membuat sistem pembangkitan mengalami kegagalan secara beruntun bahkan menjadi kegagalan total.

Begitu halnya dengan kestabilan tegangan yang perlu dijaga, kestabilan frekuensi juga. Energi listrik yang memiliki frekuensi berkualitas baik akan menghindarkan peralatan listrik dari kerusakan (untuk Indonesia frekuensi yang dipakai adalah 50Hz). Ketidakharmonisan antara pembangkit dan permintaan beban dapat membuat frekuensi tidak berjalan dalam garis normalnya..

### 2.2.3 Pengontrolan Sistem Frekuensi

Kebutuhan mendasar bagi stabilitas sistem tenaga listrik yakni untuk memastikan frekuensi dan level tegangan sistem tidak jauh berbeda dari batas *Steady State*-nya. Frekuensi sistem dalam sistem tenaga listrik pada umumnya tidak berada dalam kondisi seimbang, hal ini dikarenakan kebutuhan daya berganti secara terus-menerus. Pada sebuah sistem kelistrikan, daya yang dibangkitkan harus sebanding dengan kebutuhan daya. Jika tidak, maka akan terjadi kekurangan daya. Ketika kebutuhan daya melebihi daya yang dibangkitkan, frekuensi sistem akan menurun dan akan mengalami kenaikan ketika daya yang dibangkitkan melebihi kebutuhan daya. Frekuensi sistem tenaga listrik secara langsung sepadan dengan kecepatan rotasi generator, dimana hubungan persamaanya adalah sebagai berikut: <sup>[12]</sup>

$$f = \frac{p \times n}{60} \quad (2.4)$$

Dimana:  $f$ : adalah frekuensi sistem,

$p$  : adalah jumlah kutub pada generator

$n$  : adalah kecepatan rotasi mesin sinkron

Secara praktik, pengurangan kecepatan generator dapat mengatur frekuensi sistem. Pada umumnya generator dilengkapi dengan *governor* untuk mengawasi dan mendeteksi kecepatan secara konstan. Pada sebuah sistem tenaga listrik terpisah yang memiliki sebuah generator tunggal, ketika beban meningkat, kebutuhan energi yang ditambahkan menunjang inersia dari generator listrik. Hasilnya, kecepatan generator akan berkurang dan oleh karena itu frekuensi sistem akan berkurang.

Fungsi utama governor adalah untuk membuka pintu turbin sehingga kecepatan turbin meningkat. Kecepatan turbin yang meningkat akan meningkatkan frekuensi. Frekuensi sistem dalam hal ini akan kembali dalam jangkauan nilai yang memungkinkan. Untuk interkoneksi sistem tenaga listrik, pengaturan frekuensi diatur oleh sebuah mekanisme kontrol untuk mengembalikan frekuensi sistem selama kondisi kontinjensi.

Governor adalah pengontrol penting dalam pembangkit listrik karena mengatur kecepatan turbin, daya dan berpartisipasi dalam pengaturan frekuensi jaringan. Ini adalah antarmuka operator utama<sup>[6]</sup> :

1. Untuk memulai turbin dari kondisi diam
2. Untuk memvariasikan beban pada turbo-generator saat berada di bar (Tersinkronisasi)
3. Untuk melindungi turbin dari kerusakan jika ada yang tidak aman kondisi operasi.

### **2.3 Beban Listrik**

Dalam penyaluran energi listrik, sering terjadi pemakaian oleh konsumen secara bersamaan pada waktu tertentu dan adanya penambahan daya listrik oleh konsumen, sehingga mengakibatkan peningkatan permintaan suplai tenaga listrik atau disebut beban puncak (peak supplies). Dalam hal ini bila generator diberi beban yang berubah-ubah, maka besarnya tegangan akan berubah-ubah pula. Akibat dari perubahan beban tersebut maupun pasca mengalami gangguan, akan terjadi ketidakseimbangan tegangan dan frekuensi.

Secara umum beban yang dilayani oleh sistem distribusi elektrik ini dibagi dalam beberapa sektor yaitu sektor perumahan, sektor industri, sektor komersial dan sektor usaha. Masing-masing sektor beban tersebut mempunyai karakteristik-karakteristik yang berbeda, sebab hal ini berkaitan dengan pola konsumsi energi pada masing-masing konsumen di sektor tersebut. Karakteristik beban yang banyak disebut dengan pola pembebanan pada sektor perumahan ditunjukkan oleh adanya fluktuasi konsumsi energi elektrik yang cukup besar. Hal ini disebabkan konsumsi energi elektrik tersebut dominan pada malam hari. Sedang pada sektor industri fluktuasi konsumsi energi sepanjang hari akan hampir sama, sehingga perbandingan beban puncak terhadap beban rata-rata hampir mendekati satu. Beban pada sektor komersial dan usaha mempunyai karakteristik yang hampir sama, hanya pada sektor komersial akan mempunyai beban puncak yang lebih tinggi pada malam hari. Untuk mencari ketidakseimbangan beban kita harus mulai dari transformator.

### **2.3.1 Klasifikasi Beban**

Berdasarkan jenis konsumen energi listrik, secara garis besar, ragam beban dapat diklasifikasikan ke dalam :

1. Beban rumah tangga, biasanya berisi peralatan listrik harian seperti lampu, water pump, kulkas, AC, rice cooker, TV dan lainnya. Beban rumah tangga biasanya memasuki waktu beban puncak pada malam hari.
2. Beban komersial, untuk beban komersial biasanya berisi peralatan listrik penunjang operasional seperti lampu pada toko, AC untuk kantor dan lainnya. Biasanya beban komersial akan naik saat siang hari disaat toko maupun kantor beroperasi.
3. Beban industri sekarang terbagi dalam 2 skala, skala kecil yaitu beroperasi pada saat siang hari saja dan sedangkan untuk skala besar beroperasi 24 jam.
4. Beban Fasilitas Umum berupa papan promosi digital, lampu penerang jalan, lampu lalu lintas.

### **2.3.2 Pelepasan Beban (Load Shedding)**

Pelepasan beban merupakan salah satu fenomena yang terjadi disuatu sistem tenaga listrik yang mengijinkan adanya beberapa beban keluar dari sistem sehingga menghasilkan kestabilan sistem tenaga listrik. Hal ini biasanya disebabkan oleh beban lebih pada sistem, sehingga untuk dapat mengembalikan kondisi sistem seperti sediakala diperlukan pelepasan beberapa beban tertentu. Adanya ketidaknormalan yang disebabkan oleh terjadinya beban lebih pada umumnya dipicu oleh beberapa hal, antara lain :

1. Adanya pembangkit yang lepas dari sistem yang mengakibatkan beban yang seharusnya disuplai oleh pembangkit tersebut menjadi tanggungan pembangkit lain.
2. Adanya gangguan pada saluran transmisi sehingga ada beberapa beban yang tidak dapat suplai oleh salah satu pembangkit dalam sistem interkoneksi.

### **2.3.3 Akibat Beban Lebih Pada Sistem Tenaga Listrik**

Gangguan berupa beban lebih dapat mempengaruhi antara daya yang dibangkitkan dan permintaan beban sehingga menyebabkan beberapa hal yang dapat mengganggu kestabilan sistem, yaitu:

- a. Penurunan tegangan sistem
- b. Penurunan frekuensi

Suatu sistem tenaga listrik beserta komponennya memiliki spesifikasi aman tertentu berkaitan dengan tegangan. Setiap komponen memiliki nilai batas bawah dan batas atas tahanan operasi sistem. Hal ini berkaitan dengan pengaruh ketidakstabilan dan kualitas tegangan yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan. Sebagian besar beban pada sistem tenaga listrik memiliki faktor daya tertinggal (*lagging*) sehingga membutuhkan suplai daya reaktif yang cukup tinggi. Ketika terjadi gangguan pada salah satu generator dalam sistem interkoneksi maka generator yang lain akan terjadi kelebihan beban. Sehingga kebutuhan daya reaktif akan semakin meningkat. Akibatnya turun tegangan yang terjadi semakin besar dan menyebabkan kondisi yang tidak aman bagi generator. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu pelepasan beban. Namun, turun tegangan bisa juga diakibatkan oleh adanya gangguan lain seperti misalnya gangguan hubung singkat. Sehingga dalam hal ini penurunan frekuensi merupakan acuan yang lebih baik untuk melakukan pelepasan beban.

Pada dasarnya setiap generator memiliki spesifikasi tertentu berkaitan dengan rentang frekuensi kerja yang diijinkan beserta waktu operasi dari frekuensi tersebut. Penurunan frekuensi yang disebabkan oleh adanya beban lebih sangat membahayakan generator. Ketika laju penurunan frekuensi menurun tajam, hal buruk yang mungkin terjadi adalah pemadaman total. Apabila penurunan frekuensi tidak terlalu tajam, dapat segera dilakukan pelepasan beban.

### **2.3.4 Syarat Pelepasan Beban**

Sebelum dilakukan suatu pelepasan beban yang bertujuan untuk pemulihan frekuensi, hendaknya pelepasan beban ini memenuhi kriteria antara lain :

1. Pelepasan beban dilakukan secara bertahap dengan tujuan apabila pada pelepasan tahap pertama frekuensi belum juga pulih masih dapat

dilakukan pelepasan beban tahap berikutnya untuk memperbaiki frekuensi.

2. Jumlah beban yang dilepaskan hendaknya seminimal mungkin sesuai dengan kebutuhan sistem tenaga listrik dalam memperbaiki frekuensi.
3. Beban yang dilepaskan adalah beban yang memiliki prioritas paling rendah dibandingkan beban lain dalam suatu sistem tenaga listrik. Oleh sebab itu seluruh beban terlebih dahulu diklasifikasikan menurut kriteria-kriteria tertentu.
4. Pelepasan beban harus dilakukan tepat guna. Oleh karenanya harus ditentukan waktu tunda rele untuk mendeteksi apakah penurunan frekuensi generator akibat beban lebih atau pengaruh lain seperti masuknya beban yang sangat besar ke dalam sistem secara tiba-tiba.

Keempat kriteria tersebut harus terpenuhi, dengan begitu pelepasan beban aman untuk dilakukan.

## **2.4 Profil Perusahaan**

Energi Sakti Sentosa (ESS) adalah anak perusahaan Kencana Energy, yang memiliki dan menjalankan PLTA Pakkat di Kabupaten Humbang Hasundutan, Sumatra Utara. Pembangkit ini memiliki target produksi daya listrik dalam jumlah 94,8 gigawatt jam/tahun berdasarkan kontrak dengan PLN.

### **2.4.1 Lokasi Perusahaan**

Nama : PT. Energi Sakti Sentosa (PLTA Pakkat )

Alamat : Dusun Nangunban, Desa Purba Bersatu Kec. Pakkat, Kab.

Humbang Hasundutan , Prov. Sumatra Utara

Phone : (021)-58900791

Fax : (021)-58901129

Email : [corporate.secretary@kencanaenergy.com](mailto:corporate.secretary@kencanaenergy.com)

### **2.4.2 Tentang Perusahaan**

Pembangkit listrik PT. ENERGY SAKTI SENTOSA adalah pembangkit listrik tenaga air yang terletak di desa Purba Bersatu Kec. Pakkat Kab. Humbang

Hasundutan. Daya yang dihasilkan pembangkit ini adalah  $3 \times 6 \text{ MW} = 18 \text{ MW}$ . PLTA Pakkat ini menggunakan air sebagai penggerak turbin. PLTA Pakkat terletak di hilir sungai aek sirahar, wilayah Kabupaten Humbang Hasundutan, Provinsi Sumatera Utara, kurang lebih 47 km sebelah barat Kota Dolok Sanggul. PLTA Pakkat adalah salah satu diantara PLTA yang ada di Kabupaten Humbang Hasundutan yang dibangun guna menunjang akan kebutuhan listrik di Kabupaten tersebut.

Pada bulan Maret 2010 mulai peletakan batu pertama (ground breaking) hingga tanggal 14 Maret 2016 uji start kedua unit pembangkit dapat beroperasi dengan kapasitas sebesar  $3 \times 6 \text{ MW}$  dan membangkitkan energi listrik rata-rata sebesar 94,8 GWh per tahun menurut perencanaan. Tenaga listrik yang dihasilkan tersebut disalurkan melalui Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 kV. PLTA Pakkat belum mampu start sendiri (Black Start) pada saat sistem kelistrikan dari PLN Dolok Sanggul padam total.

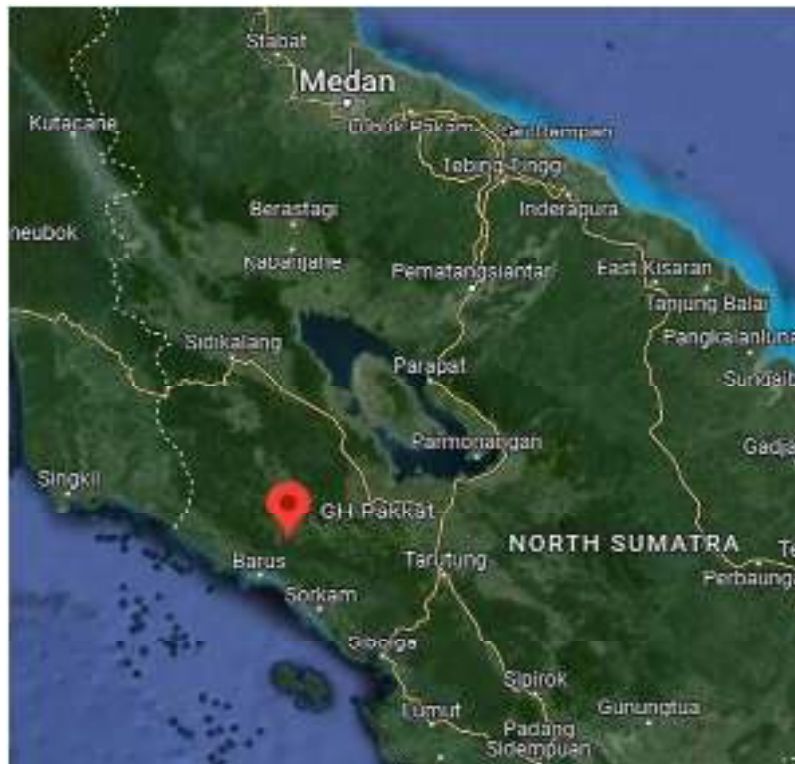


## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian atau riset di PLTA Pakkat dimulai sejak tanggal 29 Januari sampai 4 Februari 2024. Lokasi pelaksanaan penelitian berada di Dusun Nangumba, Desa Purba Bersatu, Kec. Pakkat, Kab. Humbang Hasundutan. Sumatera Utara. Indonesia. Secara spesifik, riset pengambilan data ini dilakukan dibagian Gardu Hubung PLTA Pakkat.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

#### 3.2. Jadwal Penelitian

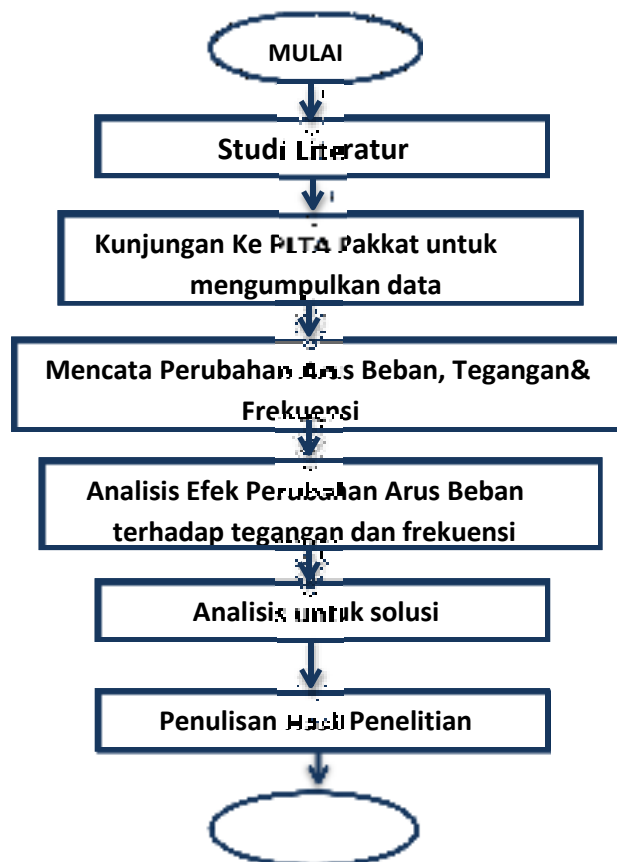
Pada tabel 3.1 diuraikan seluruh tahapan pelaksanaan penelitian, dimulai dari kegiatan studi literatur, penyusunan kerangka tugas akhir, pengambilan data ke lokasi penelitian, hingga penyusunan laporan tugas akhir. Adapun jadwal dan rincian kegiatan dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

| No | Kegiatan                              | Minggu Ke - |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
|----|---------------------------------------|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
|    |                                       | 1           | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 1  | Pengumpulan dan Studi Literasi        | █           | █ |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| 2  | Penyusunan Kerangka Tugas Akhir       |             |   |   | █ |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| 3  | Pengumpulan Data Ke Lokasi Penelitian |             |   |   |   | █ |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |
| 4  | Penyusunan Laporan Tugas Akhir        |             |   |   |   |   |   | █ | █ | █ | █  | █  | █  | █  | █  | █  | █  |

### 3.3. Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah diagram alir penelitian dari awal hingga pada hasil penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian



PLTA Pakkat memiliki 3 jalur distribusi sebagai berikut :

1. PK 1 adalah jalur yang akan mengirim ke Gardu Induk Doloksanggul
2. PK 2 merupakan jalur yang akan didistribusikan langsung ke konsumen yaitu Kota Pakkat.
3. PK 3 merupakan jalur yang akan didistribusikan langsung ke konsumen yaitu Kota Barus.

Berdasarkan batasan masalah, perubahan arus beban yang akan kita teliti merupakan total arus beban dari semua jalur distribusi yang ada di PLTA Pakkat.

### **3.5. Teknik Pengumpulan Data**

Sesuai dengan batasan masalah, pengumpulan data penelitian ini akan dilaksanakan selama 7 hari. Pengumpulan data akan dilakukan pada tempat yang berbeda sesuai kebutuhan. Berikut adalah teknik pengumpulan data berdasarkan jenisnya.

#### **3.5.1. Data Beban Harian**

Pengumpulan data beban harian ini akan dilaksanakan pada semua arus beban jalur distribusi PLTA Pakkat. Besar perubahan arus beban dapat dilihat dari Gardu Hubung PLTA Pakkat. Pengumpulan data beban harian akan dilakukan pada beban puncak dan beban normal, beban puncak terjadi pada malam hari, sedangkan beban normal terjadi pada siang hari. Perubahan beban harian akan dilihat dan dicatat sesuai dengan contoh tabel 3.2, setiap 6 jam sekali agar dapat mengetahui perubahan beban yang terjadi.

#### **3.5.2. Data Tegangan dan Frekuensi yang Dihasilkan**

Pengumpulan data ini juga akan dilihat dan dicatat nilai dari tegangan dan frekuensi yang dibangkitkan sesuai dengan tabel 3.2, setiap 6 jam sekali dan selaras dengan jam pengambilan data beban harian, agar dapat mengetahui perubahan nilai tegangan dan frekuensi yang terjadi. Data pembangkitan dapat dilihat dari monitor daya pada Power House PLTA Pakkat. Nilai yang dicatat merupakan nilai tegangan dan frekuensi pada saat generator berbeban.

### 3. 6. Variabel Penelitian

Data penelitian disusun berdasarkan variabel-variabel dari PLTA Pakkat dan merupakan data primer selama 7 hari. Berikut adalah datanya dan contoh tabel :

1. Data perubahan beban harian konsumen Kota Pakkat
2. Data tegangan yang dibangkitkan
3. Data frekuensi yang dihasilkan

Tabel 3.2 Contoh data yang diperlukan

| Hari                           | Jam   | ARUS BEBAN (A) |   |   | Tegangan (Kv) | Frekuensi (Hz) |
|--------------------------------|-------|----------------|---|---|---------------|----------------|
|                                |       | R              | S | T |               |                |
| Hari Ke-1<br>Senin<br>29/1/24  | 02.00 |                |   |   |               |                |
|                                | 08.00 |                |   |   |               |                |
|                                | 14.00 |                |   |   |               |                |
|                                | 20.00 |                |   |   |               |                |
| Hari Ke-2<br>Selasa<br>30/1/24 | 02.00 |                |   |   |               |                |
|                                | 08.00 |                |   |   |               |                |
|                                | 14.00 |                |   |   |               |                |
|                                | 20.00 |                |   |   |               |                |

### 3.7. Teknik Analisis Data

Setelah tabel 3.2. diperoleh dengan data yang lengkap maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisis data. Analisis data melingkupi beban harian, tegangan, frekuensi. Untuk masing-masing dapat dijelaskan sebagai berikut.

#### 3.7.1. Analisis Beban Harian

Untuk analisis beban harian kita akan membuat 2 jenis grafik yaitu, grafik secara keseluruhan selama 1 minggu dan grafik berdasarkan jam yang sama selama 1 minggu. Setiap grafik akan dianalisis dan melihat fenomena apa yang terjadi pada saat-saat tertentu. Kemudian akan kita hubungkan dengan frekuensi dan tegangan yang dibangkitkan.

### **3.7.2. Analisis Ketidakstabilan Tegangan dan Frekuensi**

Untuk analisis ketidakstabilan tegangan dan frekuensi, kita dapat mensimulasikannya kedalam grafik perubahan tegangan dan frekuensi berdasarkan dari data contoh tabel 3.2. Kemudian membandingkannya dengan data perubahan arus beban harian dengan jam yang sama dan catat setiap poin perubahan, apa yang terjadi ketika ada penurunan ataupun kenaikan arus beban terhadap tegangan dan frekuensi yang dibangkitkan. Kemudian akan disimpulkan apakah efek dari perubahan arus beban tersebut.

### **3.7.2. Analisis Solusi Untuk Mengatasi Efek Perubahan Beban**

Selanjutnya berdasarkan hasil analisis beban harian dan analisis efek perubahan beban terhadap tegangan dan frekuensi, akan dilakukan analisis tindakan apa yang dapat dilakukan untuk mengatasinya secara langsung maupun bertahap.