



Analisis Perbandingan Simulasi Pelepasan Beban Etap 19.0 Di Lapangan Menggunakan Dasar Saidi Dan Saifi

Rizky Eko Budiarto¹, Tri Wrahatnolo²

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya¹²

Abstract

Received: 05 Oktober 2024
Revised: 11 Oktober 2024
Accepted: 19 Oktober 2024

Bertumbuhnya beban konsumen menyebabkan terjadinya gangguan ketidakseimbangan dalam penyaluran daya listrik, salah satunya yaitu pada gangguan arus lebih yang dikarenakan beban lebih atau dalam bahasa lain disebut overload pada penghantar. Beban berlebih yang terjadi pada sebuah jaringan listrik harus ditangani dengan melakukan penyeimbangan aliran beban dan dibutuhkan eskalasi stabilitas transien. Salah satu metode pelepasan beban yang cukup efisien yaitu under frequency relay (UFR) dengan menggunakan standar frekuensi berdasarkan laju penurunan frekuensi dan juga melepaskan beban sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Prinsip kerja UFR yaitu dengan membandingkan Present Value (nilai frekuensi sistem) dan setting value (nilai pengatur frekuensi) yang menghasilkan output error yang bertujuan menggerakkan UFR untuk melepas beban (Rudez dkk, 2021). Penambahan skenario pada beban sebesar 30% dan skenario pada beban sebesar 50% beban tidak dapat dilakukan pelepasan. Hal tersebut disebabkan pada frekuensi yang didapatkan belum mencapai frekuensi standar dari under frequency relay yang telah ditentukan yaitu sebesar 98% Hz atau 49 Hz. Pada saat penambahan skenario oleh beban sebesar 70% dihasilkan penurunan frekuensi yang cukup signifikan yaitu sebesar 97,4 % dengan nilai frekuensi yaitu sebesar 48,7 Hz. Sesuai dengan standar dari under frequency relay sebesar 49 Hz. Maka dari itu dapat dilakukan simulasi pelepasan beban 59 MVA juga frekuensi dapat dikembalikan seperti pada saat keadaan normal di detik ke 125.

Keywords: *Under Frequency Relay, Load Shedding, Substation*

(*) Corresponding Author:

rizky.19027@mhs.unesa.ac.id, triwrahatnolo@unesa.ac.id

How to Cite: Budiarto, R., & Wrahatnolo, T. (2024). Analisis Perbandingan Simulasi Pelepasan Beban Etap 19.0 Di Lapangan Menggunakan Dasar Saidi Dan Saifi. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(19), 822-831. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14533164>

PENDAHULUAN

Bertumbuhnya beban konsumen menyebabkan terjadinya gangguan ketidakseimbangan dalam penyaluran daya listrik ke konsumen, salah satunya adalah gangguan pada arus lebih dikarenakan akibat adanya beban lebih atau disebut dengan overload pada penghantar. Gangguan beban berlebih pada jaringan dapat diatasi dengan menyelaraskan aliran beban dan meningkatkan kestabilan transien [1]. Keseimbangan penyediaan dan pemakaian tenaga listrik sangat berpengaruh terhadap naik dan turunnya frekuensi pada sistem. Kestabilan pada sistem tenaga merupakan suatu keandalan sistem untuk beroperasi pada titik seimbang ketika atau setelah terjadi gangguan [2]. Sistem tenaga listrik yang tidak setara akan mengarah kepada kondisi blackout atau pemadaman total, maka dari itu perlu dilakukan adanya pendeteksian otomatis pada frekuensi penurunan frekuensi dengan cepat [3].

Elemen penting dalam menunjang penyediaan daya listrik yang berkualitas dan efisien pada suatu jaringan sistem tenaga listrik yaitu terdapat pada saluran transmisi dikarenakan saluran transmisi tersebut mengalirkan listrik dari pembangkitan ke ujung

distribusi [4]. Saluran transmisi merupakan sistem tenaga listrik yang sering mengalami berbagai macam gangguan, dikarenakan sistem ini yang paling terpapar ke lingkungan, jika gangguan tidak terdeteksi secara akurat dan bertahan untuk sementara waktu, maka dapat menyebabkan gangguan bahkan sampai pemadaman listrik [5]. Pada sistem jaringan transmisi dan distribusi, ketika kelebihan beban maka biaya operasional yang digunakan untuk memulihkannya menjadi semakin mahal [6]. Oleh karena itu, diperlukan pembagian beban atau load shedding untuk meminimalkan risiko pemadaman akibat gangguan sistem dan menghindari gangguan yang besar. Pelepasan beban merupakan pengendalian darurat yang menjamin kestabilan frekuensi sistem tenaga listrik [7]. Salah satu metode pelepasan beban yang cukup efisien yaitu dengan melakukan under frequency relay (UFR) dan menentukan frekuensi berdasarkan penurunan frekuensi serta melepaskan beban sesuai dengan standar yang telah diizinkan [8]. Prinsip kerja UFR yaitu dengan membandingkan Present Value (nilai frekuensi sistem) dan setting value (nilai pengatur frekuensi) yang menghasilkan output error yang bertujuan menggerakkan UFR untuk melepas beban [9]. Seiring dengan perkembangan jaringan dan kenaikan beban sistem serta adanya unit pembangkit untuk itu perlu dilakukan peninjauan ulang program pelepasan beban dengan UFR yang lebih efisien agar jumlah beban yang dilepas dapat diminimalisir untuk mencapai level frekuensi dan tegangan yang diizinkan.

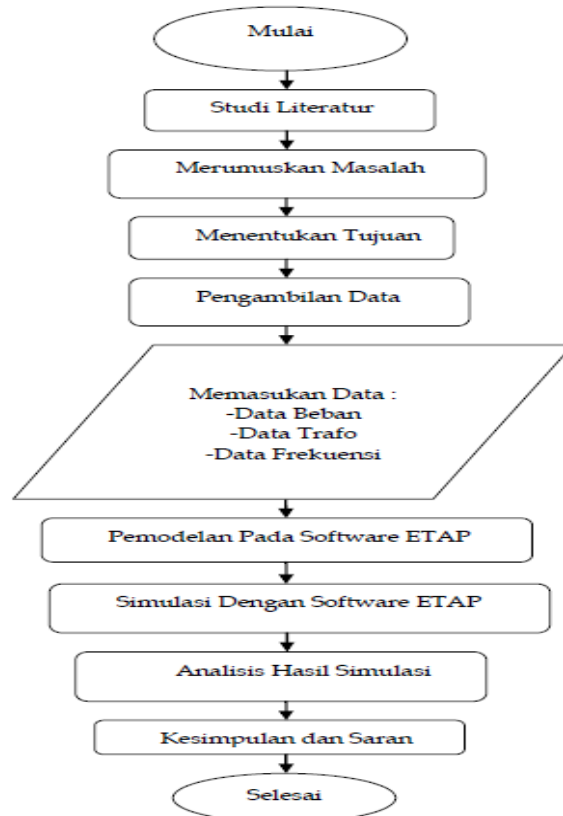
Maka dari itu, berdasarkan latar belakang di atas peneliti mengangkat topik mengenai analisis pelepasan beban dengan Analisis Perbandingan Simulasi Pelepasan Beban Etap 19.0 Di Lapangan Menggunakan Dasar Saidi Dan Saifi. Dimana ETAP merupakan sebuah program yang mendukung sistem tenaga listrik. ETAP sendiri dapat menganalisa aliran daya beban, hubung singkat, koordinasi, dll (Sakti, 2019). SAIDI (System Average Interruption Duration Index) merupakan indeks durasi, atau rata-rata durasi pemadaman per tahun, yang merupakan hasil kali durasi pemadaman dan pelanggan dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Memberikan informasi tentang waktu henti rata-rata untuk setiap konsumen aliran berperingkat. SAIFI (System Average Outage Frekuensi Index) merupakan indeks frekuensi rata-rata pemadaman listrik tahunan, dimana jumlah pemadaman listrik beberapa kali dan frekuensi pemadaman listrik pelanggan dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani [10]. Melaporkan rata-rata frekuensi pemadaman listrik setiap konsumen di wilayah perkiraan [10]. SAIDI dan SAIFI adalah indikator yang dapat diandalkan mengenai sistem tenaga listrik pada jaringan utama dan jaringan distribusi. Keandalan jaringan distribusi memegang peranan yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan listrik setiap konsumen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemodelan simulasi menggunakan software ETAP 19.0 terhadap pelepasan beban serta nilai frekuensi dan waktu tunda optimal pada relai frekuensi bawah saat terjadi pelepasan beban pada Segoromadu 150Kv GI. Penelitian ini juga harus memberikan gambaran metode pengurangan beban dan analisis pelepasan beban pada Gardu Induk Segoromadu 150 kV akibat penurunan frekuensi sistem tenaga listrik, yang dapat menyebabkan ketidakstabilan sistem tenaga listrik.

METODE PENELITIAN

Berbagai teknik pengumpulan data, termasuk tinjauan literatur dan penelitian literatur, digunakan untuk melakukan penelitian ini. Sebagai salah satu jenis studi penelitian, studi literatur khususnya melibatkan pengumpulan data dan informasi dari perpustakaan dengan menggunakan berbagai teknik. Pendekatan ini mencakup penelusuran buku referensi, penelusuran temuan penelitian sebelumnya, perolehan artikel

ilmiah, penjabaran catatan terkait, dan pembacaan jurnal yang relevan dengan isu yang diteliti. Dengan menggunakan strategi ini, peneliti dapat menciptakan kerangka pengetahuan yang menyeluruh tentang isu-isu terkini, dan memastikan bahwa penelitian mereka didukung oleh literatur yang substansial dan relevan [11].

Pada tahap penelitian disajikan alur penelitian yang di buat dalam bentuk flowchart sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Melalui gambar 1 terdapat penjelasan dari tahapan penelitian sebagai berikut :

1. Mulai

2. Survei

Dimulai dengan melakukan survei ke UP2B (Unit Pelaksana dan Pengatur Beban) di Sidoarjo.

3. Pemodelan Single Line Diagram

Pada software ETAP Dibuat pemodelan single line diagram penyulang yang ada di GI 150kV Segoromadu dengan menggunakan software ETAP 19.0

4. Memasukan Data

Memasukan Data Pada tahap ini diinput data berupa data beban, saluran transmisi, frekuensi dan transformator.

5. Simulasi Aliran Daya

Pada tahap ini dilakukan aliran daya pada Penyulang di GI 150kV Segoromadu dengan menggunakan software ETAP pada kondisi normal Mengalami Ketidakseimbangan Beban

Pada proses ini, apakah terjadi ketidakseimbangan beban

Jika “Ya” melakukan ke proses selanjutnya

Jika “Tidak” langsung ke tahap selesai

6. Analisis Pelepasan Beban

Pada tahap ini dilakukan penentuan pelepasan beban sesuai dengan single line under frequency relay pada Penyulang di GI Gerbang Kertasusila Mengalami beban lebih? Pada tahap ini jika “ya” maka melakukan tahap (g), dan jika “tidak” maka melakukan tahap (h).

7. Melakukan Under Frequency Relay

Pada tahap ini dilakukan UFR jika terjadi gangguan beban lebih, dan perlu dilakukan skema pelepasan beban.

8. Sistem Aman

Pada tahap ini system dikatakan aman jika pada Penyulang di GI 150kV Segoromadu tidak mengalami beban lebih.

9. Selesai

HASIL DAN PEMBAHASAN

UFR (Under Frequency Relay) berfungsi sebagai proteksi atau pengaman ketika frekuensi pada sistem jaringan tenaga listrik berkurang hingga melampaui batas yang diperbolehkan atau nilai yang ditetapkan oleh relai UFR. UFR juga berfungsi untuk pengatur bagi sistem pelepasan beban sebagian untuk memberikan kinerja yang maksimal pada sistem, untuk itu untuk mengatur UFR (Under Frekuensi Relay), diperlukan beberapa langkah sesuai standar yang diberikan.

Sistem tenaga yang berlaku saat ini di kelola oleh PT. PLN (Persero) menggunakan frekuensi 50 Hz sama dengan 50 siklus listrik per detik atau 3000 siklus per menit.

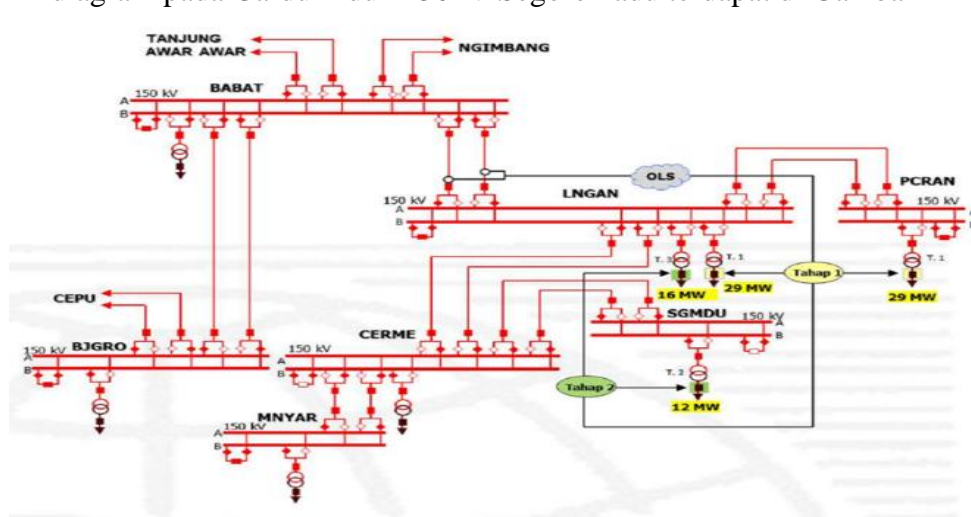
A. Single Line Diagram Gardu Induk 150kV Segoromadu

Under Frequency Relay pada Gardu Induk 150kV segoromadu Jawatimur ini masuk dalam single line Under Frequency Relay saluran udara tegangan tinggi (SUTT)

150kV Lamongan – Babat 1,2 Berdasarkan single line scenario pelepasan beban

menggunakan Under Frequency Relay pada SUTT 150Kv Lamongan – Babat 1, 2

Gambar 4.1 listrik pada Segoromadu bergantung pada lamongan, jika dalam proses transmisi salah satu SUTT 150kV terjadi gangguan beban lebih, maka penghantar lain atau beban lain harus dilepas agar tidak terjadi blackout secara bersamaan. Single line diagram pada Gardu Induk 150kV Segoromadu terdapat di Gambar 2

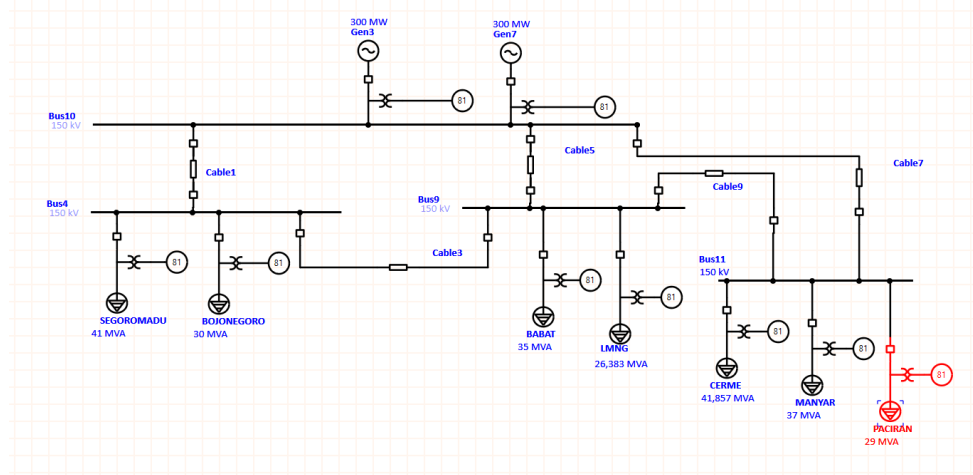


Gambar 2. Single line diagram Gardu Induk 150kV Segoromadu (Sumber, PLN 2019)

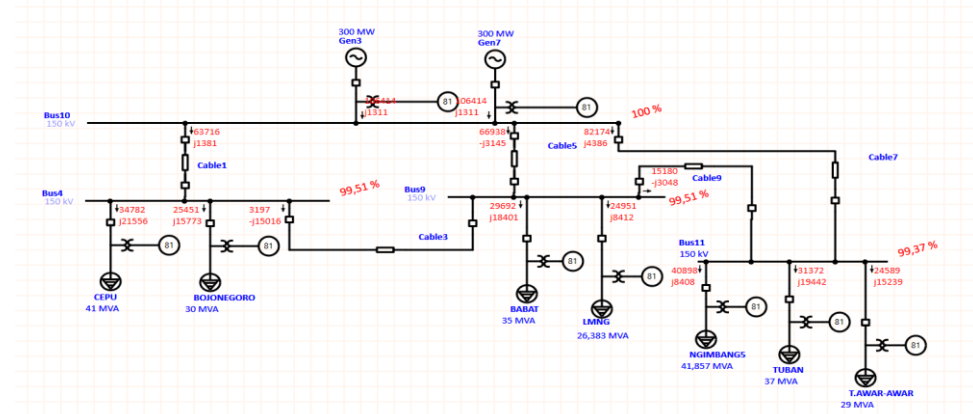
B. Simulasi Pemodelan Gardu Induk 150kv Segoromadu Pada ETAP 19.0

Proses pemodelan sistem pada ETAP 19.0 yang telah disesuaikan dengan kondisi existing seperti gambar 3 berdasarkan pada aliran daya yang dihasilkan. Untuk

selanjutnya dilakukan skenario dengan tahap meningkatkan jumlah beban untuk mengetahui bagaimana sistem merespons. Respon sistem yang diamati adalah respon frekuensi dan respon tegangan untuk skenario pertumbuhan beban 30%, 50% dan 70%.



Gambar 3. singlelline UFR Gardu Induk 150kv Segoromadu pada ETAP 19.0

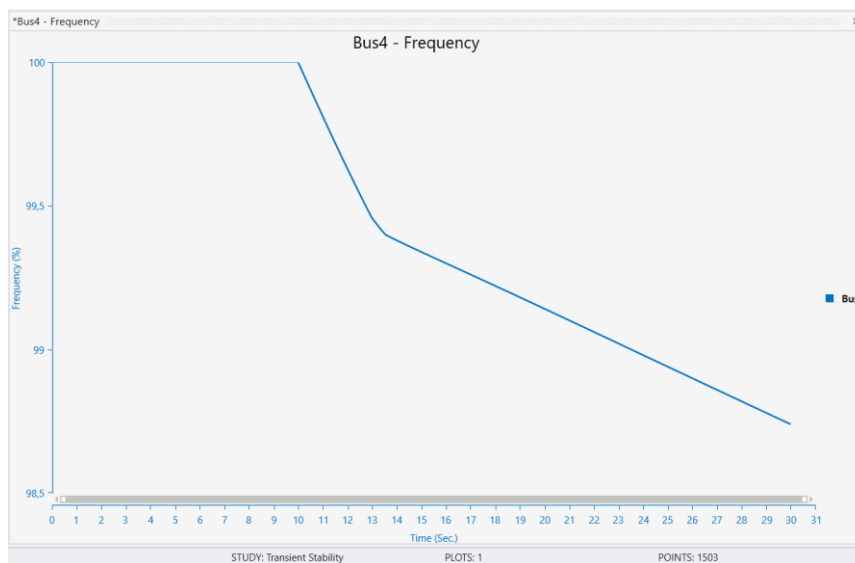


Gambar 4. Aliran daya Gardu Induk 150kv Segoromadu

Hasil Gambar 4. dapat dikatakan normal dikarenakan pada tiap komponen dan bus tidak ada yang menandakan warna merah yang berarti overload. Tegangan pada tiap bus didapatkan hasil seperti pada gambar 4 dimana aliran daya pada saat berada pada kondisi existing beban yang dimiliki yaitu sebesar 212,827 MW dan beban yang sudah dirancang pada saat simulasi bernilai 215 MW, juga diketahui tegangan pada pangkal bus utama saat kondisi existing sebesar 150kV dan tegangan pangkal bus utama pada simulasi sebesar 150kV. Oleh karena itu dapat diketahui tegangan yang ada pada pangkal bus pertama di hasil simulasi telah hampir sama dengan tegangan pangkal bus pertama ketika bus berada pada saat kondisi existing.

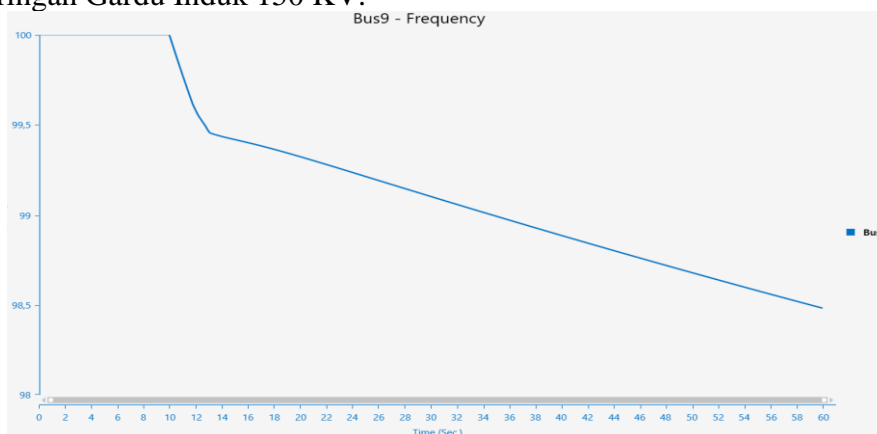
C. Respon tegangan dan frekuensi pada skenario beban 30%, 50% dan 70%

Pada respon frekuensi gardu induk 150kV setelah ditambahkan beban sebesar 30% menunjukkan penurunan frekuensi pada detik ke 30 seperti pada gambar 5 pada saat kondisi awal sebesar 100 % dengan standar nilai frekuensi yaitu sebesar 50 Hz menjadi 98,8% dengan didapatkan nilai frekuensi sebesar 49,4 Hz seperti pada gambar 5. Hal tersebut disebabkan oleh karena adanya permintaan daya sebesar 240 MVA pada sistem jaringan Gardu Induk 150 KV.



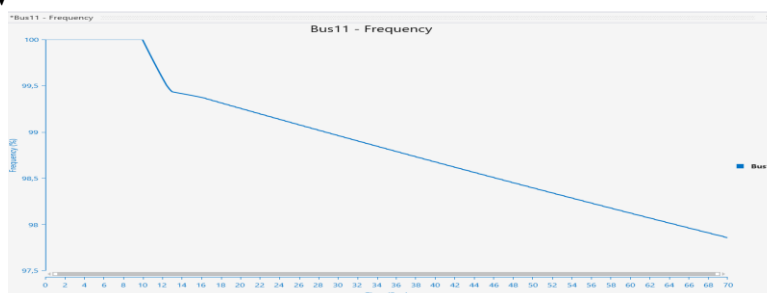
Gambar 5. Hasil respon frekuensi beban 30%

Pada respon frekuensi gardu induk 150kV setelah ditambahkan beban sebesar 50% menunjukkan penurunan frekuensi pada detik ke 30 seperti gambar 6 dari kondisi awal sebesar 100 % dengan nilai standar frekuensi sebesar 50 Hz menjadi 98,4% dengan diperoleh nilai frekuensi yang didapatkan yaitu sebesar 49,2 Hz seperti pada gambar 6. Hal tersebut disebabkan oleh karena adanya permintaan daya sebesar 240 MVA pada sistem jaringan Gardu Induk 150 KV.



Gambar 6. Hasil respon frekuensi beban 50%

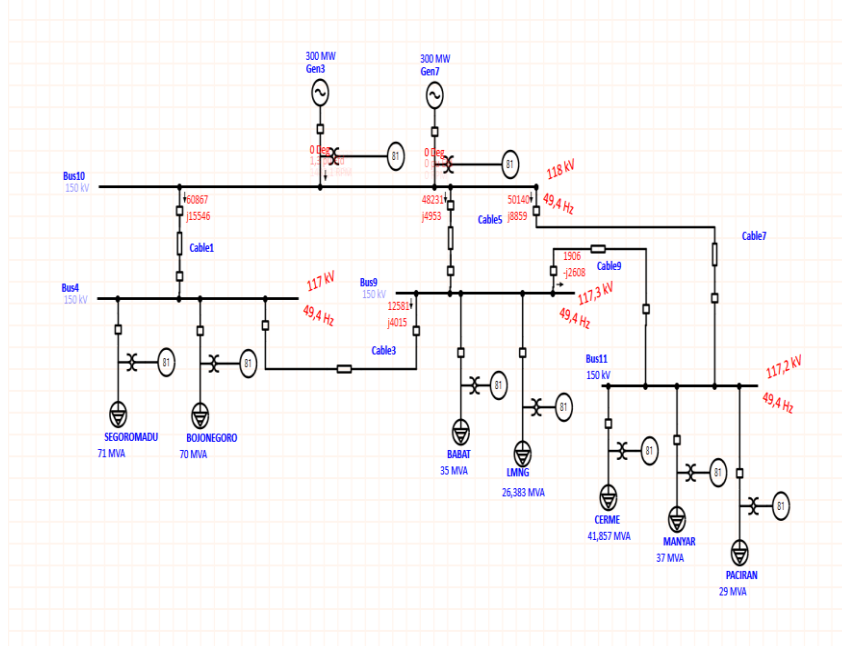
Pada respon frekuensi gardu induk 150kV setelah ditambahkan beban sebesar 70% menunjukkan penurunan frekuensi pada detik ke 30 seperti pada gambar 7 di kondisi awal sebesar 100 % dengan standar frekuensi yang diperoleh yaitu 50 Hz menjadi 97,4% dengan frekuensi yang didapat sebesar 48,7 Hz seperti pada gambar 7. Hal tersebut disebabkan oleh adanya permintaan daya sebesar 240 MVA di sistem jaringan Gardu Induk 150 KV



Gambar 7. Hasil respon frekuensi beban 70%

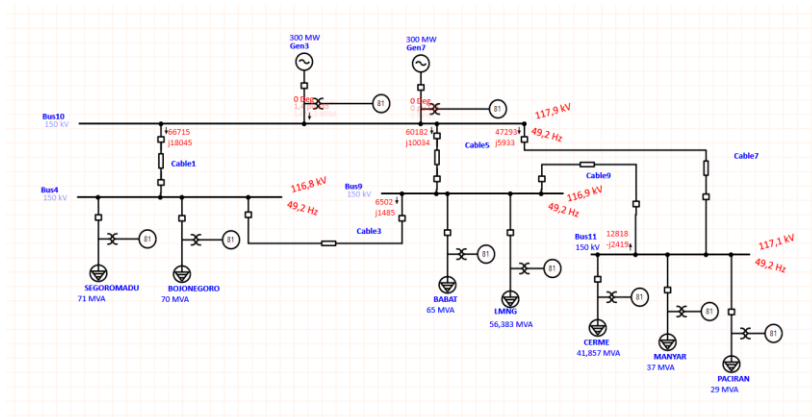
D. Simulasi Pelepasan beban dengan skenario penambahan beban 30%, 50% dan 70%

Ketika penambahan skenario beban sebesar 30% mengakibatkan penurunan frekuensi saat kondisi sebelumnya sebesar 50 Hz menjadi 49,4 Hz. Pada penelitian tersebut digunakan under frequency relay yang frekuensi pada saat skenario beban ditambahkan sebesar 30% tidak ada respon oleh rele. Hal tersebut dikarenakan ketika skenario beban sebesar 30% tidak terjadi peristiwa penurunan frekuensi yang masih dibawah standart frekuensi yang telah ditentukan. Under frequency relay pada sistem di setting 98% dengan nilai frekuensi 49 Hz



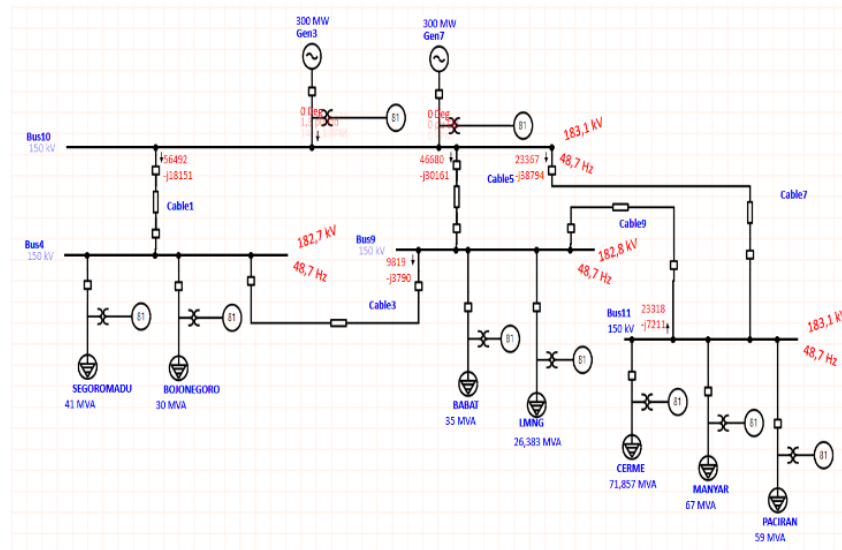
Gambar 8. Simulasi pelepasan beban 30%

Setelah ditambahkan skenario beban sebesar 50%, frekuensi akan turun menjadi 49.2 Hz seperti pada gambar 8. Under frequency relay gagal merespon ketika terjadi penurunan frekuensi, hal tersebut terjadi karena frekuensi yang diperoleh tidak mencapai dari setting dari relay. Under frekuensi relay sistem di setting 98% dengan nilai frekuensi 49 Hz.

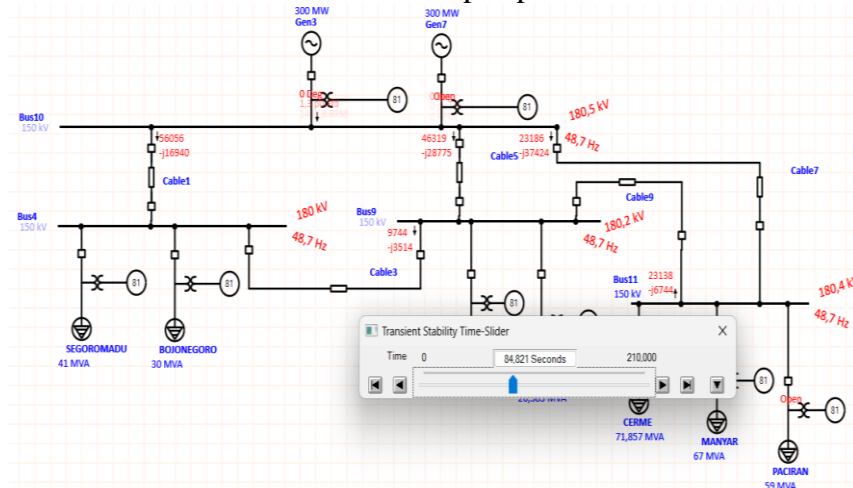


Gambar 9. Simulasi pelepasan beban 50%

Ketika dilakukan penambahan skenario beban sebesar 70%, frekuensi mengalami penurunan yang signifikan yaitu berada pada sebesar 97,4% atau 48,7 Hz seperti pada gambar 10

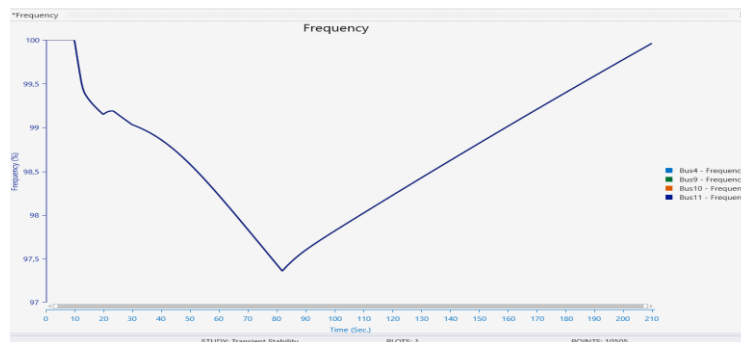


Gambar 10. Simulasi pelepasan beban 70%



Gambar 11. Pelepasan beban oleh CB38

Pada gambar 11 ditunjukkan bahwa nilai pengaturan frequency yang terdapat pada under frequency relay yaitu sebesar 98% Hz beserta senilai 49,0 Hz serta waktu tunda sebesar 0,1 detik. Circuit breaker diatur oleh UFR yaitu yang terdapat pada CB38. Dimana CB38 ini terkoneksi dengan penyulang Paciran dengan nilai trafo sebesar trafo 60 MVA



Gambar 12. Hasil frekuensi setelah pelepasan beban

Diketahui seperti gambar 12 adalah hasil dari respon frekuensi pada bus saat dilakukan simulasi pelepasan beban 59 MVA. UFR bertugas untuk menaikkan frekuensi supaya normal dengan cara melepas beban sebesar 59 MVA yaitu pada penyulang paciran sebesar 59 MVA sehingga frekuensi dapat kembali normal. Dibutuhkan waktu sekitar 125 detik untuk mencapai kembali pada frekuensi 50 Hz. Hal ini menunjukkan bahwa simulasi sesuai dengan standar IEEE Std C37106-2003 dimana standar digunakan pada proteksi kondisi abnormal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari simulasi dan hasil dari analisis yang telah dijalankan, dapat diketahui respon frekuensi dengan sistem terkoneksi dapat dilakukan simulasi dan dapat dilakukan pengamatan pada perilaku kestabilan frekuensi menggunakan fitur Transient Stability Analysis ETAP 19.0. Pada skenario peningkatan beban sebesar 30% dan 50%, terjadi penurunan frekuensi sistem namun tidak signifikan yaitu 49,4 Hz dan 49,2 Hz. Menambahkan skenario beban 70%, sistem langsung mengalami penurunan frekuensi yang signifikan yaitu 48,7 Hz. Jika skenario beban 30% dan ditambah skenario beban 50% maka pembebanan tidak dapat dilakukan karena frekuensi yang dihasilkan belum mencapai frekuensi setting relai underfrekuensi sebesar 98% Hz atau 49 Hz. Jika skenario beban 70% diterapkan, penurunan frekuensi yang cukup tajam bisa dicapai yakni 97,4% pada 48,7 Hz

Berbagai Dari skenario simulasi yang telah dilakukan terdapat perbandingan antara hasil simulasi dengan yang ada di lapangan yaitu pada simulasi timing yang didapat kan cenderung lebih cepat dan membutuhkan waktu hanya 125 detik atau sekitar 2 menit untuk melepaskan beban, sedangkan yang terjadi di lapangan membutuhkan waktu yang relatif lama seperti pada tanggal 6 September 2018 yaitu waktu durasi yang dibutuhkan untuk declare yaitu 13 menit dan pada tanggal 18 Februari 2019 waktu yang dibutuhkan yaitu sekitar 25 menit. Dari kedua kasus tersebut dapat dilihat dari tahun ke tahun berikutnya durasi yang dibutuhkan mengalami peningkatan. Berdasarkan revisi yang diberikan oleh penguji untuk menambahkan hasil perbandingan antara durasi yang di simulasi dan yang ada pada data yang didapat di lapangan. Maka dari itu dengan hal ini menunjukkan bahwa simulasi sesuai dengan standar IEEE Std C37 106-2003 dimana standar digunakan untuk proteksi kondisi abnormal.

REFERENSI

- Awad Hilmy dan Ahmed Hafez (2022). Optimal operation of under-frequency load shedding relays by hybrid optimization of particle swarm and bacterial foraging algorithms. *Alexandria Engineering Journal*
- Bhrama Sakti K. dan I Gede Maharta Pemaun, MT.2, Ir. I Gede Dyana Arjana, MT.3 (2019). A logistic regression approach for improved safety of the under-frequency load shedding scheme owing to feeder machine inertia. *Electric Power System Research* 198(February), 106887.
- Chen Fang, dkk (2018). A Survey Of Disconnecting Circuit Breaker's Application. *International Conference on Smart Grid and Electrical Automation, JURNAL ELECTRO LUCEAT (JEC)* 80-84.
- Dikio C. Idoniboyeobu, dkk (2018). Preventive Maintenance For Substation With Aging Equipment Using Weibull Distribution. *American Journal of Engineering Research (AJER)*, 106-112.

- Fayazi, H., Fani, B., Moazzami, M., dan Shahgholian, G. (2021). An offline three-level protection coordination scheme for distribution systems considering transient stability of synchronous distributed generation. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 131(September 2020), 107069.
- Fitri, I. R., dan Kim, J. S. (2019). Economic Dispatch Problem using Load Shedding: Centralized Solution. *IFAC-PapersOnLine*, 52(4), 40–44.
- Gashi, D., Latifi, D., Ymeri, A., dan Krasniqi, N. (2022). Network analysis for voltage regulation in Substation 35/10 [kV] “Malisheva.” *IFAC-PapersOnLine*, 55(39), 296–301.
- Godse, R., dan Bhat, S. (2020). Mathematical Morphology-Based Feature-Extraction Technique for Detection and Classification of Faults on Power Transmission Line. *IEEE Access*, 8, 38459–38471.
- Jallad, J., Mekhilef, S., Mokhlis, H., Laghari, J., dan Badran, O. (2018). Application of hybrid meta-heuristic techniques for optimal load shedding planning and operation in an islanded distribution network integrated with distributed generation. *Energies*, 11(5).
- Mukherjee, A., Kundu, P. K., dan Das, A. (2021). Transmission Line Faults in Power System and the Different Algorithms for Identification, Classification and Localization: A Brief Review of Methods. *Journal of The Institution of Engineers (India), Series B*.
- PT. PLN (Persero) UP2B Jawa Timur, Bidang Rencana dan Evaluasi (2021) . Defense Scheme Sistem Jawa Timur