

ANALISIS STABILITAS GANGGUAN TRANSIENT PADA JARINGAN DISTRIBUSI DI WILAYAH ULP. MANADO UTARA

Anugrani Elisa Kojoh
Universitas Negeri Manado
e-mail: anugranielisak@gmail.com

ABSTRAK

Pasokan energi listrik yang stabil dan aman pada konsumen adalah hal terpenting dan yang utama. Pada sistem distribusi seringkali terjadi gangguan apalagi pada waktu beban puncak yang tentunya dapat mengakibatkan adanya penurunan daya, kerusakan peralatan, dan pemadaman listrik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas transien pada sistem distribusi tenaga listrik khususnya di PLN ULP Manado Utara, yang berfokuskan pada satu penyulang yaitu SR 8. Dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 19.00 maka dilakukan simulasi Single Line Diagram yang mencakup 18 bus pada penyulang SL 8 khususnya respon frekuensi dan tegangan terhadap gangguan pada Bus 102. Simulasi ini menunjukkan hasil bahwa setelah adanya pelepasan beban kondisi tegangan sistem mencapai 150% dari tegangan nominal yang menyatakan bahwa sistem tersebut tidak stabil (overhead) yang menyebabkan perubahan signifikan pada bentuk gelombang tegangan dan setelah itu mengalami osilasi teredam dan kemudian kembali dalam kondisi stabil. Hasil dari frekuensi menunjukkan adanya penurunan linier dikarenakan peningkatan pada frekuensi sistem, yang dimodelkan lewat persamaan linear sebagai bentuk redaman sistem. Dari penelitian ini bisa disimpulkan bahwa sistem distribusi di ULP Manado Utara terjadi ketidakstabilan transien pada saat adanya pelepasan beban, yang ditunjukkan oleh respon tegangan yang berlebih dan adanya penurunan frekuensi yang signifikan. Sehingga diperlukan strategi yang dapat meningkatkan keandalan sistem, yakni penerapan Distributed Generation (DG) yang bisa mengontrol kestabilan sistem khususnya tegangan dan frekuensi ketika terjadi gangguan.

Kata Kunci: Stabilitas Transien, ETAP 19.00, Sistem Distribusi, Tegangan, Pelepasan Beban

ABSTRACT

A stable and secure supply of electrical energy to consumers is paramount and of primary importance. In the distribution system, disturbances often occur, especially during peak load times, which of course can result in a decrease in power, equipment damage, and power outages. This study aims to analyze the transient stability of the electric power distribution system, especially in PLN ULP North Manado, which focuses on one feeder, namely SR 8. By using ETAP 19.00 software, a Single Line Diagram simulation was carried out which includes 18 buses on the SL 8 feeder, especially the frequency and voltage response to disturbances on Bus 102. This simulation shows that after the load shedding, the system voltage condition reaches 150% of the nominal voltage, which states that the system is unstable (overhead) which causes significant changes in the voltage waveform and after that experiences damped oscillations and then returns to a stable condition. The results of the frequency show a linear decrease due to an increase in the system frequency, which is modeled through a linear equation as a form of system damping. From this study, it can be concluded that the distribution system in ULP North Manado experiences transient instability during load shedding, which is indicated by an excessive voltage response and a significant decrease in frequency. Therefore, a strategy is needed to improve system reliability, namely the implementation of Distributed Generation (DG), which can control system stability, particularly voltage and frequency, during disturbances.

Keywords: *Transient Stability, ETAP 19.00, Distribution System, Voltage, Load Shedding*

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan vital yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia modern. Hampir seluruh aktivitas manusia, baik di sektor rumah tangga, industri, perdagangan, maupun pemerintahan, bergantung pada pasokan listrik yang stabil dan berkelanjutan. Tanpa ketersediaan energi listrik yang memadai, aktivitas ekonomi akan terhambat, perkembangan teknologi akan melambat, dan kualitas hidup masyarakat pun akan menurun secara signifikan. Menurut Widayastuti (2021), meningkatnya konsumsi energi listrik di wilayah perkotaan mencerminkan peran strategis listrik sebagai faktor penentu kemajuan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat. Selain itu, Ruchiyat (2020) menegaskan bahwa frekuensi dan efisiensi sistem tenaga listrik menjadi indikator penting dalam menjaga kinerja pembangkit serta kestabilan pasokan energi nasional. Dengan demikian, keberadaan sistem tenaga listrik yang andal, efisien, dan ramah lingkungan merupakan prasyarat mutlak dalam mendukung keberlanjutan pembangunan nasional dan kemajuan peradaban manusia.

Dalam sistem tenaga listrik, terdapat tiga subsistem utama yang saling terintegrasi, yakni pembangkit, transmisi, dan distribusi. Ketiga bagian ini membentuk suatu rantai yang tidak dapat dipisahkan dalam menjaga kelangsungan pasokan listrik ke pelanggan. Sistem distribusi menjadi subsistem yang berhubungan langsung dengan konsumen, sehingga stabilitas dan keandalannya menjadi faktor utama yang menentukan kualitas pelayanan listrik. Gangguan operasional yang sering terjadi, seperti gangguan transien, dapat menyebabkan perubahan tegangan secara tiba-tiba (overvoltage atau undervoltage). Menurut Sulistiawati et al. (2017) dan Pongtiku et al. (2014), gangguan transien dapat timbul akibat kondisi tidak seimbang dalam jaringan, sambaran petir, atau pelepasan beban mendadak yang dapat menurunkan keandalan sistem distribusi. Jika tidak segera diatasi, gangguan tersebut dapat merusak peralatan pelanggan dan menurunkan efisiensi sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

Dalam konteks nasional, PT PLN (Persero) memiliki peran sentral sebagai penyedia utama energi listrik di Indonesia. Tanggung jawab PLN tidak hanya sebatas menyediakan energi listrik, tetapi juga memastikan agar energi tersebut tersalurkan secara efisien, aman, dan berkualitas tinggi hingga ke seluruh pelosok negeri. Untuk menjalankan fungsi tersebut, PLN membentuk berbagai unit layanan pelanggan (ULP) di setiap wilayah, yang bertugas mengatur, mengawasi, dan memelihara sistem distribusi tenaga listrik. Salah satu unit yang berperan strategis adalah PLN ULP Manado Utara, yang melayani kawasan dengan pertumbuhan ekonomi cepat di Provinsi Sulawesi Utara. Wilayah ini mengalami peningkatan signifikan dalam permintaan listrik akibat pertumbuhan sektor industri dan perumahan. Menurut Mahendra et al. (2023), tantangan sistem distribusi di Sulawesi Utara dapat diatasi melalui penerapan konsep *smart grid* sebagai solusi modern untuk menjaga efisiensi dan keandalan pasokan listrik di daerah berkembang.

Namun, berdasarkan hasil pengamatan dan laporan internal, masih ditemukan permasalahan terkait stabilitas sistem distribusi tegangan menengah di wilayah Manado Utara. Salah satu permasalahan utama adalah terjadinya gangguan transien akibat lonjakan beban maupun pelepasan feeder yang berdampak pada fluktuasi tegangan sistem. Gangguan tersebut tidak hanya menurunkan kualitas daya listrik, tetapi juga dapat menyebabkan kehilangan kestabilan sistem apabila tidak segera diatasi. Hal ini penting, karena pelanggan di wilayah Manado Utara meliputi sektor industri dan komersial yang memerlukan kontinuitas daya tinggi. Latumahina et al. (2023) menunjukkan bahwa integrasi pembangkit baru atau beban dinamis tanpa pengendalian yang tepat dapat memperparah ketidakstabilan frekuensi dan tegangan pada jaringan distribusi.

Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (research gap) dalam bidang keandalan sistem distribusi, khususnya terkait analisis perilaku sistem saat terjadi gangguan transien di jaringan tegangan menengah. Pemahaman yang mendalam terhadap respon sistem menjadi krusial dalam perencanaan sistem proteksi dan strategi pengendalian daya. Novfowan et al. (2021) menegaskan bahwa analisis transien penting untuk menentukan batas kestabilan sistem dan mencegah kehilangan sinkronisasi antar elemen jaringan. Sementara itu, Olii et al. (2023) menjelaskan bahwa analisis kestabilan tegangan berbasis L -index dapat digunakan untuk memprediksi titik kritis sistem sebelum terjadi gangguan besar. Oleh karena itu, kajian yang mendalam mengenai karakteristik transien pada sistem distribusi di Manado Utara menjadi sangat relevan.

Penelitian ini dirancang untuk menganalisis stabilitas tegangan dan frekuensi selama kondisi transien pada jaringan distribusi tegangan menengah di PT PLN (Persero) ULP Manado Utara dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 19.0, yang mampu mensimulasikan berbagai skenario gangguan secara presisi. Menurut Sumardi & Julianto (2018), penggunaan ETAP dalam analisis aliran daya dan kestabilan tegangan memberikan hasil yang akurat dan efisien dalam mendeteksi titik lemah jaringan distribusi. Dengan simulasi tersebut, diharapkan penelitian ini dapat memberikan rekomendasi teknis yang berguna untuk peningkatan keandalan sistem dan pengurangan risiko kehilangan daya listrik akibat gangguan.

Secara akademik, penelitian ini memberikan kontribusi teoritis dalam memperkuat pemahaman mengenai dinamika kestabilan sistem distribusi tenaga listrik, terutama di tingkat tegangan menengah. Sedangkan secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan menjadi dasar bagi PLN dalam menyusun kebijakan teknis dan strategi penguatan jaringan di Sulawesi Utara. Ticoh et al. (2023) menambahkan bahwa penerapan sistem proteksi modern, seperti *lightning arrester* dan pengendalian otomatis, dapat mengurangi dampak gangguan eksternal terhadap keandalan sistem distribusi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya bermanfaat secara ilmiah, tetapi juga memiliki nilai strategis dalam mendukung keberlanjutan sistem tenaga listrik nasional.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Manado Utara selama tiga bulan, yaitu dari Januari hingga April 2025. Jenis penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif dengan pendekatan analisis simulatif, bertujuan untuk menganalisis stabilitas tegangan dan frekuensi pada sistem distribusi tegangan menengah saat terjadi gangguan transien. Data yang digunakan terdiri atas data jaringan tegangan menengah, data pelanggan, serta diagram satu garis (Single Line Diagram) penyulang di wilayah kerja PLN ULP Manado Utara, khususnya pada penyulang SR 8. Pengumpulan data dilakukan melalui empat teknik, yaitu observasi langsung di lapangan, studi literatur untuk memperkuat dasar teori, wawancara dengan manajer dan teknisi PLN terkait kondisi operasional sistem, serta dokumentasi berupa arsip dan laporan teknis yang relevan.

Tahapan penelitian meliputi komunikasi awal, perencanaan, pemodelan, dan analisis simulatif. Pada tahap awal, peneliti melakukan koordinasi dengan pihak PLN untuk memperoleh data teknis yang diperlukan. Tahap perencanaan dilakukan dengan merancang kebutuhan sistem dan menentukan parameter simulasi. Selanjutnya, tahap pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak ETAP 19.0, di mana sistem distribusi direkonstruksi berdasarkan diagram SLD penyulang SR 8 untuk mensimulasikan skenario gangguan transien. Analisis dilakukan melalui fitur *Transient Stability Analysis* untuk memperoleh data perubahan tegangan dan frekuensi pada saat gangguan. Hasil simulasi kemudian diinterpretasikan untuk

menilai kestabilan sistem serta menghasilkan rekomendasi teknis guna meningkatkan keandalan jaringan distribusi di wilayah ULP Manado Utara.

HASIL DAN PEMBAHASAN

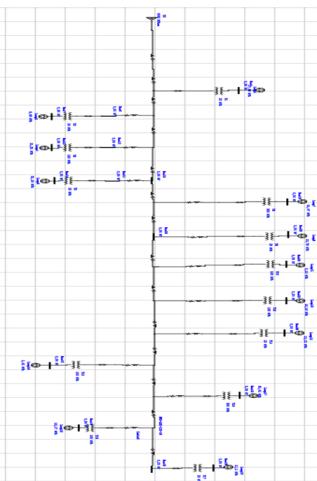
Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan yang ada, dapat dilihat bahwa pada bus 102 mengalami gangguan pada waktu $t=0,4$ detik. Tetapi sebelum terjadinya gangguan bentuk gelombang tegangan berada pada kondisi gelombang sinusoidal murni, yang berarti bahwa sistem bekerja secara stabil dan juga seimbang antara daya yang masuk dan keluar. Setelah terjadi gangguan, gelombang berubah secara signifikan, dimana amplitudo tegangan mengalami penurunan yang disertai dengan osilasi atau getaran yang kemudian mengalami peredaman. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mencoba untuk kembali stabil setelah terjadi gangguan yang diperlihatkan langsung oleh gelombang osilasi tegangan yang meningkat pada siklus pertama, kemudian terjadi penurunan hingga mencapai kestabilan yang baru. Hal seperti ini umumnya terjadi pada sistem tenaga listrik yang mengalami gangguan seperti adanya lonjakan beban, gangguan hubung singkat, atau hilangnya salah satu elemen seperti generator atau pada saluran transmisi.

Hasil

Tabel 1. Hasil Hitungan

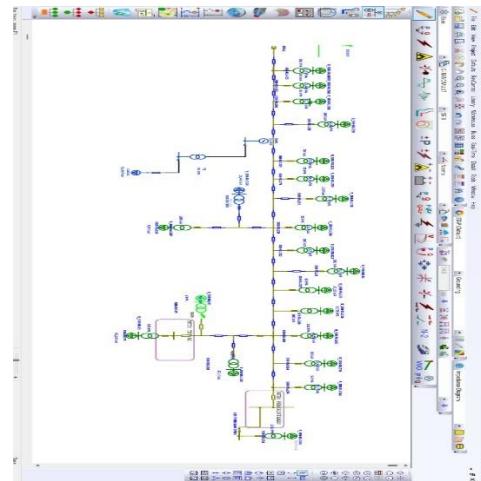
Tegangan (V)	Waktu (s)	Keterangan
-+ 150	2,60	Normal
-+ 155	2,62	Gangguan Puncak
-+120	2,62	Redaman
-+ 250	2,68	Sistem Kembali Normal

Tabel 1 menunjukkan perubahan nilai tegangan terhadap waktu pada kondisi sebelum, saat, dan sesudah terjadi gangguan. Nilai tegangan tertinggi terjadi pada saat sistem mengalami gangguan puncak sebesar ± 155 V pada detik ke-2,62, sedangkan nilai terendah terjadi pada kondisi redaman sebesar ± 120 V. Setelah periode gangguan berlalu, sistem kembali normal dengan tegangan ± 250 V pada detik ke-2,68. Data tersebut mengindikasikan adanya proses osilasi yang cepat diikuti dengan redaman alami sistem hingga mencapai kestabilan baru, yang merupakan karakteristik umum pada sistem distribusi yang mengalami pelepasan beban mendadak.



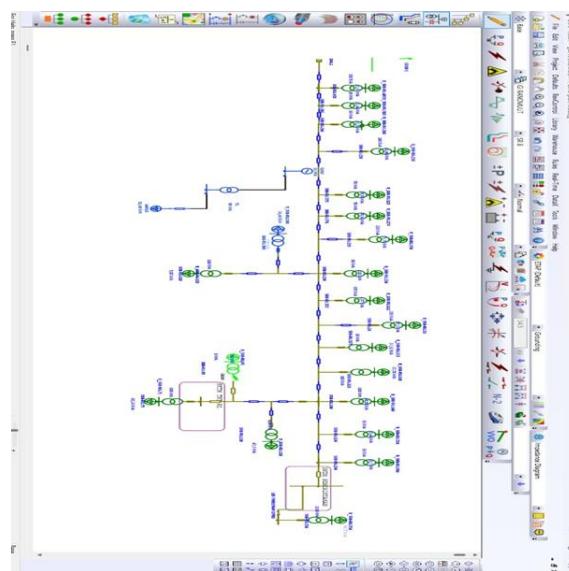
Gambar 1 Single Line Diagram Sistem Jaringan Distribusi SR 8

Gambar 1 memperlihatkan konfigurasi jaringan distribusi penyulang SR 8 yang terdiri dari 18 bus, trafo distribusi, serta jalur koneksi utama antara gardu induk dan beban. Diagram ini digunakan untuk melakukan simulasi pada perangkat lunak ETAP 19.0, yang menjadi dasar dalam analisis kestabilan tegangan dan frekuensi. Melalui representasi ini, dapat diketahui posisi bus yang menjadi titik gangguan, yakni pada bus 102, serta aliran daya antar elemen sistem distribusi.



Gambar 2. Simulasi Aliran Daya (Load Flow) SR 8

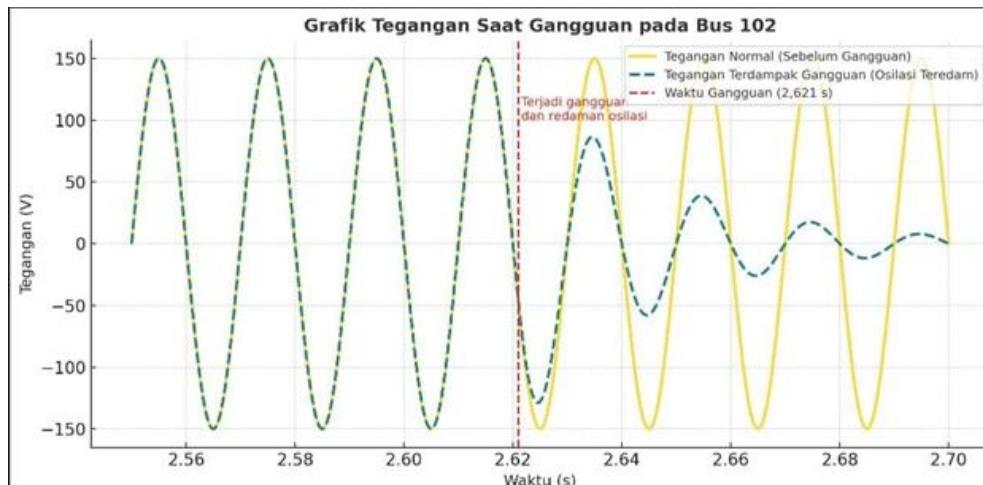
Gambar 2 menunjukkan hasil simulasi aliran daya (load flow) pada kondisi sistem normal sebelum terjadi pelepasan beban. Terlihat bahwa distribusi tegangan pada seluruh bus masih berada dalam rentang stabil dengan variasi kecil di bawah 5%. Kondisi ini menandakan bahwa sistem beroperasi pada titik keseimbangan antara daya yang disuplai oleh gardu induk dan daya yang diterima oleh pelanggan di setiap bus.



Gambar 3. Simulasi Load Flow Setelah Beban Dilepas

Gambar 3 menampilkan kondisi sistem setelah pelepasan beban dilakukan pada salah satu bus distribusi. Hasil simulasi menunjukkan adanya ketidakseimbangan daya yang

menyebabkan penurunan tegangan signifikan pada bus 102 dan beberapa bus di sekitarnya. Fenomena ini menggambarkan respon sistem terhadap perubahan mendadak pada beban, di mana sebagian daya harus disesuaikan kembali agar sistem dapat mencapai kestabilan baru.



Gambar 4. Gelombang sinusoidal

Gambar 4 memperlihatkan bentuk gelombang tegangan sistem sebelum dan sesudah gangguan. Sebelum gangguan, gelombang menunjukkan pola sinusoidal murni yang menandakan sistem dalam keadaan stabil. Namun setelah terjadi gangguan, gelombang mengalami distorsi dengan amplitudo yang meningkat hingga 150% dari nilai nominal dan kemudian mengalami peredaman bertahap. Pola ini menunjukkan adanya proses *self-damping* alami sistem yang berupaya mengembalikan keseimbangan antara daya masuk dan keluar setelah terjadi gangguan transien.

Pembahasan

Unit Layanan Pelanggan (ULP) Manado Utara merupakan salah satu unit kerja di bawah PLN UP3 Manado yang memiliki peran strategis dalam menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik kepada masyarakat di wilayah utara Kota Manado. Jaringan distribusi di wilayah ini mencakup sistem tegangan rendah (220V–400V) dan tegangan menengah (20kV) yang sebagian besar menggunakan sistem radial terbuka. Menurut Sumardi dan Julianto (2018), sistem radial memiliki keunggulan dari sisi kemudahan operasi serta efisiensi biaya pembangunan karena hanya memerlukan satu arah aliran daya utama dari gardu induk ke pelanggan. Namun, sebagaimana dijelaskan oleh Olii et al. (2023), sistem ini cenderung memiliki tingkat keandalan rendah karena ketika terjadi gangguan di salah satu titik, seluruh jalur pelanggan di bawahnya dapat terdampak secara langsung. Hal ini memperlihatkan bahwa meskipun sistem radial sederhana dalam implementasi, namun masih membutuhkan dukungan sistem proteksi dan pengendalian yang kuat untuk menjamin keandalan distribusi daya listrik di daerah padat penduduk seperti Manado Utara.

Wilayah kerja ULP Manado Utara didominasi oleh kawasan pesisir dan daerah perkotaan dengan pertumbuhan konsumsi listrik yang tinggi setiap tahun. Widyastuti (2021) menyatakan bahwa peningkatan konsumsi energi listrik di kawasan urban sering kali berbanding lurus dengan peningkatan jumlah pelanggan dan aktivitas ekonomi. Kondisi ini menuntut sistem distribusi yang tidak hanya efisien, tetapi juga fleksibel terhadap perubahan beban dan kondisi gangguan. Tantangan lain di lapangan antara lain gangguan akibat faktor

alam seperti petir atau pohon tumbang, serta gangguan non-teknis seperti pencurian daya dan kerusakan meter pelanggan (Ticoh, Sangi, & Tampang, 2023). Mahendra et al. (2023) juga menegaskan bahwa wilayah Sulawesi Utara secara geografis memiliki kondisi topografi dan iklim yang kompleks, sehingga dibutuhkan pendekatan *smart grid* untuk meningkatkan efisiensi serta keandalan transmisi dan distribusi listrik. Oleh karena itu, upaya peremajaan jaringan, peningkatan kapasitas transformator, dan modernisasi sistem proteksi merupakan langkah penting untuk mengurangi potensi pemadaman.

Analisis aliran daya dilakukan pada penyulang SR 8 dengan 18 bus menggunakan perangkat lunak ETAP 19.0. Berdasarkan penelitian Kulkarni dan Sontakke (2015), ETAP merupakan alat simulasi yang efektif dalam memodelkan sistem tenaga dan menganalisis distribusi daya serta kestabilan tegangan. Hasil simulasi load flow menunjukkan bahwa dalam kondisi normal, seluruh bus menunjukkan tegangan yang stabil. Namun setelah dilakukan pelepasan beban, bus 102 mengalami penurunan tegangan yang signifikan melebihi 40% dari tegangan nominal. Kondisi ini menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara suplai dan permintaan daya sebagaimana ditemukan juga oleh Novfowan, Kusuma, dan Mieftah (2021) dalam studi serupa pada sistem pembangkit uap. Ketidakseimbangan ini memperlihatkan perlunya pengaturan daya yang dinamis agar sistem tetap berada dalam kondisi stabil meski terjadi gangguan mendadak.

Fenomena ketidakseimbangan tegangan pada sistem radial seperti yang terjadi di ULP Manado Utara menggambarkan bahwa karakteristik jaringan tersebut masih sensitif terhadap perubahan beban. Menurut Pongtiku, Tuegeh, dan Tumaliang (2014), penurunan tegangan yang tajam sering kali menjadi indikasi bahwa sistem tidak mampu menyesuaikan diri terhadap pelepasan beban atau gangguan transien. Sulistiawati et al. (2017) juga menjelaskan bahwa kondisi gangguan tidak seimbang dapat mengakibatkan fluktuasi arus dan tegangan yang berdampak langsung terhadap stabilitas sistem. Oleh karena itu, analisis aliran daya menjadi instrumen penting dalam perencanaan sistem proteksi dan evaluasi kapasitas jaringan agar gangguan tidak menurunkan kualitas pasokan listrik kepada pelanggan.

Hasil simulasi *transient stability* pada bus 102 memperlihatkan adanya perubahan signifikan pada parameter frekuensi dan tegangan. Sebagaimana dijelaskan oleh Latumahina, Lomi, dan Krismanto (2023), integrasi sistem pembangkit baru atau gangguan eksternal dapat memicu penurunan frekuensi yang cepat akibat ketidakseimbangan antara daya mekanik dan daya listrik. Dalam kasus ULP Manado Utara, frekuensi turun dari 50 Hz ke 49 Hz dalam 0,2 detik, menunjukkan karakteristik respon sistem yang cepat namun teratur. Anwar (2017) menambahkan bahwa perubahan mendadak pada frekuensi tanpa pengendalian dapat mengganggu sinkronisasi generator dan meningkatkan risiko *blackout*. Oleh karena itu, sistem pengendalian frekuensi otomatis (AGC) sangat penting dalam mengembalikan stabilitas sistem pasca gangguan.

Analisis terhadap gelombang tegangan memperlihatkan adanya penurunan amplitudo disertai osilasi teredam pada waktu tertentu. Sebelum gangguan, tegangan bersifat sinusoidal murni yang menunjukkan keseimbangan antara daya masuk dan keluar. Setelah gangguan, amplitudo menurun hampir 50% dari nilai normal dan menunjukkan proses *self-damping*. Menurut Rezky, Penangsang, dan Aryani (2016), kemampuan sistem untuk melakukan *self-damping* menandakan adanya pengaturan internal yang baik antara inersia generator dan sistem kontrol. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem tenaga di ULP Manado Utara masih memiliki kemampuan untuk menstabilkan dirinya sendiri dalam waktu singkat setelah gangguan.

Lepasnya feeder pada sistem distribusi, baik secara otomatis maupun manual, dapat terjadi akibat berbagai faktor seperti *short circuit*, *overload*, atau kegagalan proteksi. Penelitian Ruchiyat (2020) menjelaskan bahwa gangguan frekuensi yang terjadi pada saat beban puncak

dapat meningkatkan konsumsi bahan bakar dan menurunkan efisiensi operasi pembangkit. Selain itu, Syahputra et al. (2018) menyebutkan bahwa penggunaan simulasi berbasis MATLAB dapat membantu mendeteksi ketidakstabilan sistem dengan lebih akurat, terutama dalam mengidentifikasi *critical clearing time* pada setiap bus. Hasil simulasi di ULP Manado Utara menunjukkan bahwa saat feeder dilepaskan, frekuensi menurun secara bertahap dan tegangan mengalami *voltage dip*, menandakan adanya kehilangan suplai daya sesaat akibat gangguan.

Gangguan transien pada sistem distribusi tegangan menengah berdampak berbeda terhadap pelanggan premium dan pelanggan umum. Pelanggan industri atau perbankan sangat sensitif terhadap fluktuasi frekuensi dan tegangan, karena dapat mempengaruhi sistem UPS dan peralatan elektronik presisi (Cahya & Haryudo, 2018). Sebaliknya, pelanggan rumah tangga akan merasakan efek *on-off* pada perangkat bermotor kecil akibat penurunan tegangan. Menurut Mahendra et al. (2023), penerapan sistem *smart grid* dengan pengendalian tegangan dan frekuensi adaptif dapat menjadi solusi untuk menjaga stabilitas daya pada kedua segmen pelanggan tersebut. Dengan demikian, koordinasi sistem proteksi, modernisasi jaringan, serta penerapan sistem kendali cerdas sangat diperlukan untuk meminimalkan dampak gangguan dan menjaga kontinuitas pelayanan listrik di wilayah ULP Manado Utara.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan simulasi proses analisa stabilitas transien pada jaringan distribusi SR 8 pada bus 102 maka bisa disimpulkan sebagai berikut. Untuk melihat respon sistem pada saat terjadinya gangguan dan untuk menganalisa aliran daya pada suatu jaringan distribusi dapat melakukan analisis stabilitas transien untuk melihat apakah tegangan dan frekuensi pada sistem tersebut stabil. Pada saat beban belum dilepas maka kondisi sistem jaringan distribusi SR 8 masih dalam keadaan normal. Setelah adanya pelepasan beban pada SR 8 menunjukkan bahwa pada bus 102 terjadi gangguan yakni mengalami penurunan frekuensi dari 50Hz menjadi 49Hz dalam waktu 0,2 detik, dan adanya penurunan amplitudo secara tiba-tiba yang kemudian terjadi getaran osilatif yang menunjukkan adanya respons alami sistem terhadap gangguan, selanjutnya terjadi osilasi yang seiring berjalannya waktu semakin mengecil yang menunjukkan bahwa sistem memiliki kemampuan redaman yang baik dan kembali dalam keadaan normal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, R. S. (2017). *Analisis stabilitas transien dan mekanisme pelepasan beban akibat penambahan pembangkit 1x26,8 MW pada sistem kelistrikan PT. Petrokimia Gresik*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 8–19. <https://core.ac.uk/download/pdf/291463194.pdf>
- Cahya, D. W. I., & Haryudo, S. I. (2018). *Analisis kestabilan transient dan pelepasan beban saat terjadi gangguan pada pembangkit di PTPN X (Persero) PG. Ngadirejo Kediri*. *Jurnal Teknik Elektro*, 7, 113–120. <https://core.ac.uk/download/pdf/230784369.pdf>
- Kulkarni, S., & Sontakke, S. (2015). *Power system analysis of a microgrid using ETAP*. *International Journal of Innovative Science and Modern Engineering (IJISME)*, 3(5), 2319–6386. <https://www.ijisme.org/wp-content/uploads/papers/v3i5/E0850043515.pdf>
- Latumahina, Y., Lomi, A., & Krismanto, A. U. (2023). *Analisis kestabilan frekuensi akibat pengintegrasian PLTS 20 MW pada sistem kelistrikan Lombok*. *Magnetika: Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro*, 7(2), 351–356. <https://mail.ejournal.itn.ac.id/index.php/magnetika/article/view/8629>

- Mahendra, I. G. B., Kembuan, D. R. E., Ticoh, J. D., Killis, B., & Olii, D. (2023). *Smart grid study as solution to the challenges of electricity transmission and distribution in North Sulawesi*. Technium, 16. https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A7%3A14024087/detailv2?sid=ebsc_o%3Aplink%3Ascholar&id=ebSCO%3Agcd%3A173540237&crl=c&link_origin=scholar.google.com
- Novfowan, A. D., Kusuma, W., & Mieftah, M. (2021). *Analisis stabilitas transien tegangan dan frekuensi pada sistem pembangkit listrik tenaga uap*. ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan, 8(1), 28–33. <https://doi.org/10.33795/elposys.v8i1.31>
- Olii, D., Kembuan, E. D., Rapar, J., & Takaredase, A. (2023). *Analysis of the voltage stability of power using L-index voltage stability*. Technium, 17. <https://doi.org/10.47577/technium.v17i.10116>
- Pongtiku, J. A., Tuegeh, M., & Tumaliang, H. (2014). *Analisa stabilitas transien untuk menentukan waktu pemutusan kritis (critical clearing time) pada jaringan transmisi 70 kV PLTA Tanggari II-GI Sawangan dengan menggunakan program Matlab*. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, 3(2), 53–58. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/download/4525/4053>
- Rezky, P. P., Penangsang, O., & Aryani, N. K. (2016). *Studi analisa stabilitas transien sistem Jawa-Madura-Bali (Jamali) 500 kV setelah masuknya pembangkit Paiton 1000 MW pada tahun 2021*. Jurnal Teknik ITS, 5(2), A121–A127. <https://www.academia.edu/download/82526089/2667.pdf>
- Ruchiyat, A. (2020). *Pengaruh frekuensi sistem terhadap konsumsi bahan bakar pada beban puncak mesin Ruston 16 RKC*. Jurnal Simetrik, 10(1), 263–268. <https://doi.org/10.31959/js.v10i1.376>
- Sulistiwati, I. B., Priyadi, A., Hafidz, I., & Ashari, M. I. (2017). *Analisa critical clearing time pada kestabilan transient sistem tenaga listrik akibat kondisi gangguan tidak seimbang*. Prosiding SENIATI, 3(1), B71–1. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/seniati/article/view/1832>
- Sumardi, S., & Julianto, P. (2018). *Analisa aliran daya pada jaringan distribusi 20 kV PT. PLN (Persero) Sebatik menggunakan software ETAP Powerstation 12.6.0*. Elektrika Borneo, 4(1), 19–23. <https://doi.org/10.35334/jeb.v4i1.1299>
- Syahputra, E., dkk. (2018). *Analisis stabilitas sistem tenaga listrik menggunakan berbasis MATLAB*. Jurnal Sistem Informasi, 2(2). <https://doi.org/10.29103/sifo.v2i2.1010>
- Ticoh, J. D., Sangi, N., & Tampang, B. L. (2023). *Lightning arrester analysis at Pandu 150 kV Substation*. Technium, 17. <https://doi.org/10.47577/technium.v17i.10088>
- Widyastuti. (2021). *Analisis peningkatan konsumsi energi listrik pada rumah tangga di wilayah perkotaan*. Penerbit Universitas Diponegoro.