



Perencanaan Kelayakan Penambahan Distributed Generator (DG) Terhubung ke Grid untuk Mengurangi Beban Listrik Di PT. JMB

Feasibility Planning For Adding Distributed Generator (DG) Connected to the Grid to Reduce Electricity Load at PT. JMB"

Brilliyan Sanzes Ritonga & Habib Satria*

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Indonesia

Abstrak

PT. JMB mengalami lonjakan permintaan energi listrik belakangan ini, didorong oleh pertumbuhan perusahaan yang pesat, penggunaan peralatan yang lebih besar, dan perubahan pola energi listrik di lingkungan perusahaan. Ketergantungan yang besar pada pasokan PLN menimbulkan risiko operasional. Integrasi Distributed Generator (DG) menjadi alternatif vital untuk menjaga kelancaran operasi perusahaan. Dengan bantuan software ETAP, pengujian menunjukkan tegangan pada bus 3 sekitar 0,390 kV dan pada bus 4 sekitar 0,377 kV. Konsumsi daya aktif ruangan manajer sebesar 4,1 kW dengan daya reaktif 3,62 kVAR. Ruangan direktur dan kantor memiliki konsumsi daya aktif 2,61 kW dan 1,64 kW, serta daya reaktif masing-masing 2,30 kVAR dan 1,45 kVAR. Dengan mempertimbangkan ini, langkah strategis diperlukan untuk memitigasi risiko ketergantungan pada PLN.

Kata Kunci Perencanaan, Distributed Generator, Software ETAP, Tegangan, Daya

Abstract

PT. JMB has experienced a surge in demand for electrical energy recently, driven by the company's rapid growth, the use of larger equipment, and changes in electrical energy patterns within the company. The heavy dependence on PLN's supply poses operational risks. The integration of Distributed Generators (DG) is a vital alternative to maintain the smooth operation of the company. With the help of ETAP software, the test showed the voltage on bus 3 was about 0.390 kV and on bus 4 was about 0.377 kV. The active power consumption of the manager room is 4.1 kW with a reactive power of 3.62 kVAR. The director room and office have an active power consumption of 2.61 kW and 1.64 kW, as well as reactive power of 2.30 kVAR and 1.45 kVAR respectively. With this in mind, strategic steps are needed to mitigate the risk of dependence on PLN.

Keywords: Planning, Distributed Generator, ETAP Software, Voltage, Power.

How to Cite: Ritonga, B.Z., & Satria., (2024). Perencanaan Kelayakan Penambahan Distributed Generator (DG) Terhubung ke Grid untuk Mengurangi Beban Listrik Di PT. JMB. *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Elektro (JITEK)*, 3(1) 2024: 9-17,



PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan fondasi penting dalam kehidupan modern, mendorong pertumbuhan ekonomi dan mendukung berbagai aktivitas sehari-hari. Permintaan akan energi ini terus meningkat seiring dengan perkembangan teknologi dan perubahan pola hidup masyarakat [1]. Namun, sumber daya energi fosil yang telah menjadi tulang punggung utama pasokan energi listrik semakin menipis dan menghadapi ancaman keberlanjutan yang serius [2]. Untuk menjaga kelangsungan operasional dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, perusahaan seperti PT. JMB perlu mencari alternatif dari sumber energi terbarukan [3].

PT. JMB mengalami peningkatan signifikan dalam permintaan energi listrik dalam beberapa tahun terakhir. Berbagai faktor telah berkontribusi pada peningkatan ini, termasuk pertumbuhan perusahaan yang pesat, penggunaan peralatan yang lebih besar dan kompleks dalam operasi perusahaan, serta perubahan dalam pola dan kebutuhan energi listrik di lingkungan perusahaan [4]. Dalam konteks bisnis, peningkatan permintaan energi sering kali diiringi dengan biaya listrik yang lebih tinggi [5], [6], [7]. Hal ini bisa memberikan tekanan tambahan pada anggaran perusahaan, menyebabkan peningkatan beban biaya operasional yang harus ditanggung. Untuk menjaga profitabilitasnya, perusahaan seperti PT. JMB perlu mencari cara yang lebih efisien dalam mengelola dan mengurangi biaya listrik.

PT. JMB mungkin sangat bergantung pada pasokan listrik dari grid PLN (Perusahaan Listrik Negara). Ketergantungan yang tinggi pada penyediaan energi dari PLN membuat perusahaan rentan terhadap gangguan atau pemadaman listrik yang tak terduga [8], [9]. Gangguan semacam itu dapat mengganggu operasi perusahaan, menurunkan produktivitas, dan berdampak pada layanan kepada pelanggan. Ketidakpastian dalam pasokan energi juga menciptakan risiko terhadap sistem komunikasi dan berbagai peralatan serta mesin yang sangat krusial bagi operasional perusahaan [1], [10], [11], [12]. Selain itu, ketidakstabilan pasokan listrik dari PLN dapat berdampak negatif pada reputasi perusahaan jika menyebabkan gangguan berulang yang merugikan pelanggan dan mitra bisnis [13].

Untuk mengurangi risiko ketergantungan pada pasokan listrik dari PLN dan menjaga kelancaran operasional, PT. JMB perlu mempertimbangkan integrasi Distributed Generator (DG) sebagai alternatif sumber energi. DG adalah sistem pembangkit listrik terdistribusi yang memungkinkan perusahaan untuk menghasilkan listrik secara mandiri [10], [14]. Dengan menggunakan teknologi ini, perusahaan dapat mengurangi ketergantungan pada PLN dan memastikan kelangsungan operasional tanpa terlalu banyak terpengaruh oleh gangguan pasokan listrik dari penyedia utama.

Dalam mempertimbangkan pilihan ini, PT. JMB dapat memanfaatkan perangkat lunak seperti ETAP untuk perencanaan dan pengujian sistem pembangkit terdistribusi. ETAP adalah salah satu perangkat lunak perencanaan sistem daya yang canggih, yang dapat membantu perusahaan dalam memodelkan dan menganalisis sistem distribusi energi dengan akurasi dan efisiensi tinggi. Dengan menggunakan ETAP, PT. JMB dapat melakukan simulasi untuk memahami bagaimana integrasi DG akan memengaruhi kinerja jaringan listrik perusahaan.

Hasil pengujian yang dihasilkan dari perangkat lunak ETAP dapat memberikan informasi yang berharga mengenai tegangan, daya aktif, dan daya reaktif pada berbagai bus dalam sistem distribusi perusahaan [15], [16], [17]. Misalnya, hasil pengujian dapat menunjukkan bahwa sebelum penggunaan DG, tegangan pada bus tertentu mungkin tidak stabil, sementara konsumsi daya aktif dan reaktif pada beberapa ruangan atau bagian perusahaan mungkin melebihi kapasitas yang disediakan oleh PLN. Dengan memahami kondisi ini, PT. JMB dapat merancang dan mengimplementasikan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut, seperti penyesuaian kapasitas pembangkit listrik atau peningkatan infrastruktur distribusi [1], [18], [19].

Selain itu, hasil pengujian juga dapat membantu PT. JMB untuk memahami dampak penggunaan DG terhadap operasi perusahaan secara keseluruhan. Misalnya, dengan mempertimbangkan konsumsi daya aktif dan reaktif dari berbagai ruangan atau departemen, perusahaan dapat merencanakan penempatan DG yang optimal untuk memenuhi kebutuhan energi listrik secara efisien. Hal ini dapat membantu perusahaan mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan mengurangi biaya operasional dalam jangka panjang.

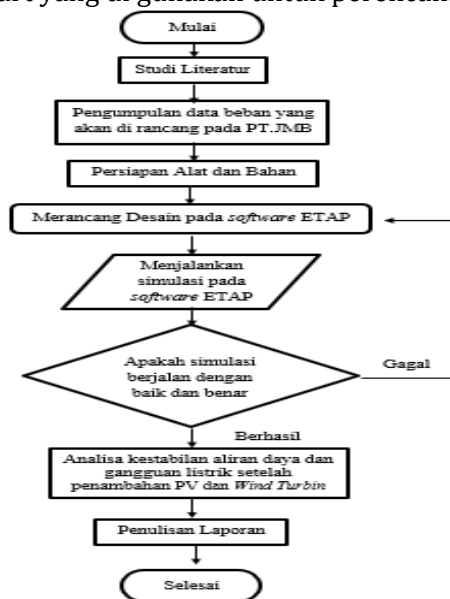
Dengan demikian, integrasi Distributed Generator (DG) sebagai alternatif sumber energi dapat menjadi langkah strategis yang penting bagi PT. JMB dalam menghadapi tantangan terkait ketergantungan pada pasokan listrik dari PLN [20]. Dengan menggunakan pendekatan yang cermat dan didukung oleh perangkat lunak perencanaan seperti ETAP, perusahaan dapat

memastikan kelancaran operasionalnya sambil tetap memperhatikan keberlanjutan dan efisiensi penggunaan energi. Langkah ini tidak hanya akan membantu mengurangi risiko terhadap gangguan pasokan listrik, tetapi juga dapat memberikan manfaat jangka panjang dalam hal efisiensi operasional dan keberlanjutan lingkungan.

Oleh karena itu, perlu pertimbangan serius untuk mengurangi ketergantungan pada pasokan listrik dari PLN dengan mengintegrasikan Distributed Generator (DG) sebagai alternatif untuk menjaga kelancaran operasional perusahaan. Distributed Generator digunakan untuk memasok daya listrik secara lokal atau terdesentralisasi, baik untuk mendukung beban listrik di lokasi tersebut atau untuk mengurangi beban listrik dari jaringan listrik umum (grid). Distributed Generator memiliki peran penting dalam mendukung keberlanjutan energi dan dapat membantu mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil dan beban listrik.

METODE PENELITIAN

Metode ini mengikuti hasil flowchart yang di gunakan untuk perencanaan penambahan DG.



Gambar 3.1 Flowchart Kegiatan Penelitian

Studi Literatur

Adapun Studi Literatur yaitu:

- a. Observasi
Observasi merupakan sebuah teknik yang dilakukan lewat pengamatan langsung.
- b. Studi Dokumentasi

Studi Dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan data dan mempelajari data-data yang diperoleh dari buku-buku, literatur, jurnal, internet dan sumber-sumber lain yang berhubungan dengan penelitian ini.

Identifikasi Bahan & Alat

Tabel 3. 1 Tabel Bahan dan Alat

No	Komponen	Spesifikasi	Satuan
1	Laptop	Asus	1 unit
2	Windows	Versi 10	1 unit
3	ETAP	Versi 19.0.1	1 unit
4	Bus	Software ETAP	1 unit
5	Cable	Software ETAP	1 unit
6	Transformator step-down	Software ETAP	1 unit
7	Generator	Software ETAP	1 unit
8	Wind Turbin Generator	Software ETAP	1 unit
9	Pv Array	Software ETAP	1 unit
10	Lumpe Load	Software ETAP	1 unit

Perencanaan line diagram di software ETAP pada penambahan DG di PT. JMB

Dengan membuat single line diagram pada software ETAP dapat mensimulasikan LFA (Load Flow Analysis) pada sistem jaringan listrik PT. JMB. Ada dua macam rancangan model single line diagram yang akan disimulasikan pada software ETAP, yaitu single line diagram sebelum dan sesudah menggunakan PV dan Wind Turbin.

Hasil simulasi LFA yang akan diperoleh nantinya dari besaran daya trafo distribusi yang disalurkan ke beban sebelum dan sesudah penambahan PV dan Wind Turbin pada sistem jaringan listrik PT. JMB, yang nantinya dapat menentukan berapa biaya tagihan listrik dari PLN sebelum dan sesudah pemasangan PV dan Wind Turbin.

Pengolahan Data

Pengolahan data yang akan didapatkan dari hasil analisa penambahan PV dan Wind Turbin pada sistem jaringan listrik PT.JMB dapat menganalisa besaran beban yang disalurkan dari trafo distribusi, serta dapat mensimulasikan aliran daya dengan penambahan PV dan Wind Turbin, maupun sebelum penambahan PV dan Wind Turbin.

Prosedur Kerja Merancang Line Diagram pada Software ETAP

Dalam mendesain single line diagram menggunakan software ETAP akan melakukan 2 skenario, yang pertama tanpa menggunakan PV dan Wind Turbin, dan yang kedua akan menggunakan PV dan Wind Turbin pada jaringan listrik PLN yang mensuplai PT. JMB.

a. Line Diagram tanpa menambah PV dan Wind Turbin

Skenario yang pertama akan dilakukan pada simulasi software ETAP tanpa menggunakan Pv dan Wind Turbin pada sistem jaringan listrik di PT. JMB, tujuannya untuk melihat single line diagram asli dari PT tersebut dan melihat besaran daya yang terpasang pada masing-masing beban, kemudian melihat besaran aliran daya yang terjadi pada simulasi software ETAP.

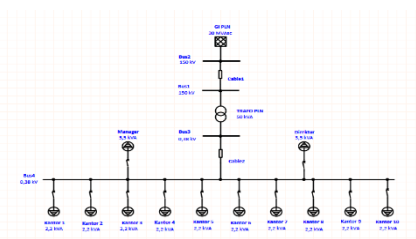
b. Line Diagram dengan menambah PV dan Wind Turbin

Skenario yang kedua disimulasikan pada software ETAP dengan menggunakan PV dan Wind Turbin pada sistem jaringan listrik di PT. JMB, tujuannya untuk melihat pengaruh aliran daya akibat penambahan PV dan Wind Turbin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan single line diagram PT. JMB sebelum penambahan Distributed Generator

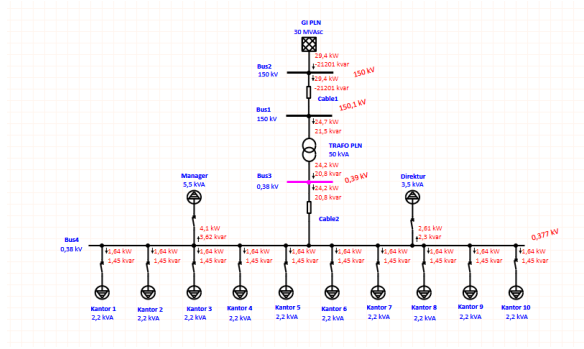
Sistem jaringan smart grid PT. JMB yang terhubung secara Distributed Generation yang terhubung ke beban listrik. Pada jaringan ini sumber utama dihasilkan PLN dengan rating daya distribusi yang beroperasi dengan sistem operasi swing dan menjadi tegangan referensi. Dalam pemodelan simulasi seluruh sumber dan beban terhubung pada Infinite Bus.



Gambar 4.1 Single Line Diagram sebelum penambahan DG pada PT. JMB menggunakan ETAP.

Hasil Pengujian Load flow analisa sebelum penambahan DG

Pengujian dilakukan dengan menggunakan software ETAP dan hasil yang dikeluarkan pada Load flow analisa sebelum penambahan DG dapat lah pengukuran pada daya dan tegangan. Berikut ini di tunjukan hasil pengujian load flow analisa sebelum penambahan DG yang ditunjukan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 load flow analisa sebelum penambahan DG.

Pada Gambar 4.2 Pengujian yang dilakukan di software ETAP pada load flow analisisnya mengeluarkan tegangan sekunder pada bus 3 sebesar 0,39kV dan pada bus 4 sebesar 0,377kV. Tegangan ini belum ada penambahan DG. Dan juga dapat dilihat pada daya, memiliki daya semu pada setiap kantor yaitu 2,2kVA sementara daya semu pada kantor manager yaitu 5,5kVA dan kantor direktur 3,5kVA. Untuk daya aktif sama daya reaktifnya bisa ditunjukkan pada Tabel 4.1.

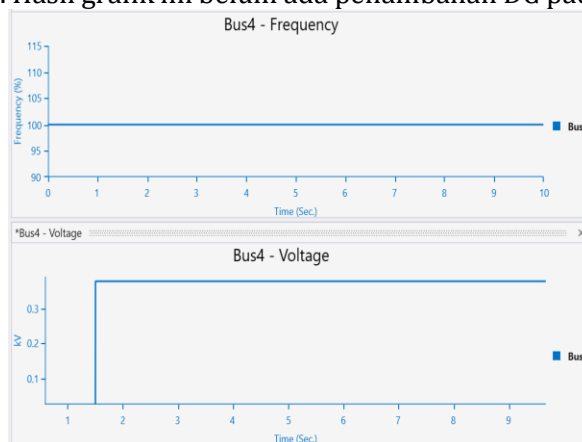
Tabel 4.1 Daya yang di keluarkan sebelum penambahan DG

Stasion beban	Daya semu	Daya aktif	Daya reaktif	PF	FLA	Tegangan (kV)
Manager	5,5 kVA	4,1 kW	3,62 kVAR	75%	8,36 A	0,38 kV
Direktur	3,5 kVA	2,61 kW	2,30 kVAR	75%	5,32 A	0,38 kV
Kantor 1	2,2 kVA	1,64 kW	1,45 kVAR	75%	3,34 A	0,38 kV
Kantor 2	2,2 kVA	1,64 kW	1,45 kVAR	75%	3,34 A	0,38 kV
Kantor 3	2,2 kVA	1,64 kW	1,45 kVAR	75%	3,34 A	0,38 kV
Kantor 4	2,2 kVA	1,64 kW	1,45 kVAR	75%	3,34 A	0,38 kV
Kantor 5	2,2 kVA	1,64 kW	1,45 kVAR	75%	3,34 A	0,38 kV
Kantor 6	2,2 kVA	1,64 kW	1,45 kVAR	75%	3,34 A	0,38 kV
Kantor 7	2,2 kVA	1,64 kW	1,45 kVAR	75%	3,34 A	0,38 kV
Kantor 8	2,2 kVA	1,64 kW	1,45 kVAR	75%	3,34 A	0,38 kV

Dalam perencanaan ini hasil pengujian pada flow load analisis sebelum penambahan DG menunjukkan pada pengukuran daya di setiap stasion beban dan pengukuran tegangan pada setiap bus.

Hasil pengujian Transient Stability pada bus 4 sebelum penambahan DG

Pada transient stability hasil pengujian yang dilakukan pada Gambar 4.2, memiliki grafik pada frequency dan voltage. Hasil grafik ini belum ada penambahan DG pada Gambar 4.2 tersebut.

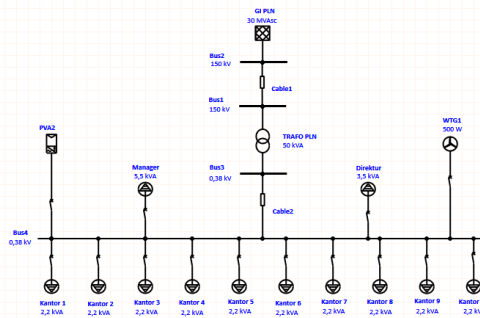


Gambar 4.3 Grafik frequency dan voltage sebelum penambahan DG

Pada Gambar 4.3 grafik frequency menunjukkan nilai sebesar 100% dalam waktu perdetik sementara voltage nya menunjukkan nilai sebesar 0,38 kV dalam waktu perdetik.

Perancangan single line diagram PT. JMB setelah penambahan Distributed Generator

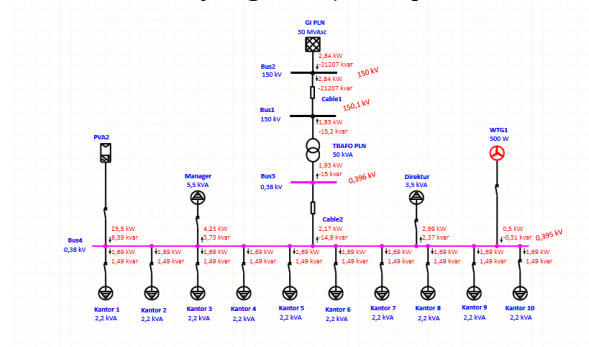
Pengujian selanjutnya dilakukan dengan keadaan penambahan sumber energi PV dan Wind Turbin. Pada kondisi ini PLN dibantu oleh dua buah sumber energi yaitu PV dan Wind Turbin dengan masing – masing berkapasitas 5 KW.



Gambar 4.4 Single Line Diagram sesudah penambahan DG pada PT. JMB menggunakan ETAP

Hasil Pengujian Load flow analisa sesudah penambahan DG

Pengujian yang berikutnya dilakukan dengan menggunakan software ETAP dan hasil pada Load flow analisa sesudah penambahan DG. Penambahan tersebut berupa sumber dari PV dan Wind Turbin yang akan diukur berupa daya dan tegangan. Berikut ini di tunjukan hasil pengujian load flow analisa sesudah penambahan DG yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 load flow analisa sebelum penambahan DG

Pada Gambar 4.5 Pengujian yang dilakukan di software ETAP pada load flow analisisnya mengeluarkan tegangan sekunder pada bus 3 sebesar 0,396kV dan pada bus 4 sebesar 0,395kV Tegangan ini sudah ada penambahan DG jadi perbandingan pada tegangan yang dilakukan pengukuran sebelum dan sesudah penambahan DG memiliki kenaikan pada tegangan sesudah penambahan DG. Pada daya, memiliki daya semu yang masih sama sebelum penambahan DG pada setiap kantor yaitu 2,2kVA sementara daya semu pada kantor manager yaitu 5,5kVA dan kantor direktur 3,5kVA. Akan tetapi untuk daya aktif sama daya reaktifnya berbeda bisa ditunjukkan pada Tabel 4.2.

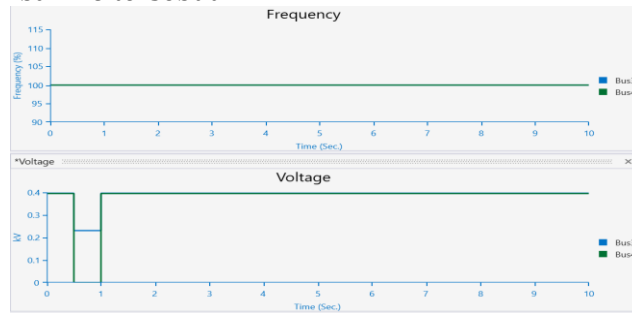
Tabel 4.2 Daya yang di keluarkan sebelum penambahan DG

Stasiun beban	Daya semu	Daya aktif	Daya reaktif	PF	FLA	Tegangan (kV)
Manager	5,5 kVA	4,23 kW	3,73 kVAR	75%	8,36 A	0,38 kV
Direktur	3,5 kVA	2,69 kW	2,37 kVAR	75%	5,32 A	0,38 kV
Kantor 1	2,2 kVA	1,69 kW	1,49 kVAR	75%	3,34 A	0,38 kV
Kantor 2	2,2 kVA	1,69 kW	1,49 kVAR	75%	3,34 A	0,38 kV
Kantor 3	2,2 kVA	1,69 kW	1,49 kVAR	75%	3,34 A	0,38 kV
Kantor 4	2,2 kVA	1,69 kW	1,49 kVAR	75%	3,34 A	0,38 kV
Kantor 5	2,2 kVA	1,69 kW	1,49 kVAR	75%	3,34 A	0,38 kV
Kantor 6	2,2 kVA	1,69 kW	1,49 kVAR	75%	3,34 A	0,38 kV
Kantor 7	2,2 kVA	1,69 kW	1,49 kVAR	75%	3,34 A	0,38 kV
Kantor 8	2,2 kVA	1,69 kW	1,49 kVAR	75%	3,34 A	0,38 kV

Dalam pengujian penambahan DG pada perencanaan bahwasannya memiliki kenaikan pada tegangan dan daya. Daya yang naik pada penambahan DG yaitu daya aktif dan daya reaktif.

Hasil pengujian Transient Stability pada bus 4 sesudah penambahan DG

Pada transient stability yang sudah di tambahkan DG dan hasil pengujian yang dilakukan pada Gambar 4.6, memiliki grafik pada frequency dan voltage. Hasil grafik ini sudah ada penambahan DG pada Gambar 4.6 tersebut.

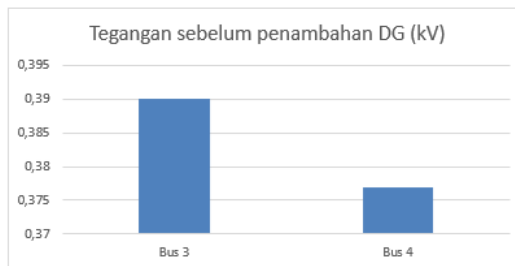


Gambar 4.6 Grafik frequency dan voltage sesudah penambahan DG

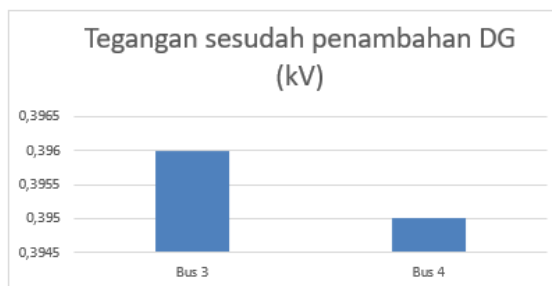
Pada Gambar 4.6 grafik frequency setelah penambahan DG menunjukkan nilai sebesar 100% dalam waktu perdetik berarti sebelum dan sesudah penambahan masih tetap sama hasilnya. sementara voltage nya setelah penambahan DG memiliki perubahan yang menunjukkan nilai sebesar 0,4 kV dalam waktu perdetik.

Perbandingan antara sebelum dan sesudah penambahan DG

Dari hasil yang di uji pada software ETAP sebelum penambahan DG memiliki tegangan pada bus 3 sebesar 0,390 kV dan pada bus 4 sebesar 0,377 kV. Akan tetapi tegangan sesudah penambahan DG memiliki kenaikan pada bus 3 sebesar 0,396kV dan pada bus 4 sebesar 0,395kV. Berikut gambar grafik sebelum dan sesudah penambahan DG.



Gambar 4.7 Grafik Tegangan sebelum penambahan DG



Gambar 4.8 Grafik Tegangan sesudah penambahan DG

Hasil grafik ini menunjukkan kenaikan pada tegangan sesudah pemasangan pada DG.

SIMPULAN

Dari pengolahan data yang sudah dilakukan pada bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perhitungan setting relay arus lebih pada sisi incoming didapat arus (I) setting primer sebesar 1.818,6 A dengan time dial (TMS) selama 0,19 s dengan waktu kerja 0,70 s. Sedangkan, pada sisi outgoing arus (I) setting primer sebesar 504 A pada penyulang Dr. Stool dengan time dial (TMS) selama 0,14 s dengan waktu kerja 0,30 s. Perhitungan tersebut membuktikan kerja relay arus lebih pada outgoing lebih cepat dari pada relay arus lebih incoming.

2. Pada penerapan di PLN GIS Listrik dan hasil perhitungan terdapat perbedaan. Hal tersebut dapat terjadi karena PT. PLN GIS Listrik melakukan setting relay arus lebih dengan menyesuaikan beban yang terjadi dilapangan berbeda – beda.
3. Penerapan pola koordinasi kaskade pada simulasi berhasil, dapat dilihat pada bekerjanya CB pada sisi outgoing terlebih dahulu kemudian apabila gangguan tidak dapat diatasi maka akan dikoodinasikan pada relay incoming untuk memberikan intruksi ke CB untuk open yang berarti memutus jaringan listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Ibrahim, Dariantio, and D. D. Cahya, "Unjuk Kerja Sistem Pembangkit Listrik Menggunakan Biogas Limbah Cair Pada Pabrik Kelapa Sawit Performance of the Power Plant System Using Biogas Liquid Waste at the Palm Oil Mill," *Jmemme*, vol. 2, no. 2, pp. 78–85, 2018.
- [2] A. Siregar, A. Syam, and M. Mustafa, "Rancangan Media Adsorpsi Zeolit Alam Sebagai Adsorben Emisi Gas Mesin Otomotif," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 3, no. 1, p. 64, 2019, doi: 10.31289/jmemme.v3i1.2499.
- [3] Y. R. Lumi, R. Budiarto, and K. Kusnanto, "Analisis Kebutuhan dan Strategi Penyediaan Energi Listrik di Provinsi Sulawesi Utara," *J. Penelit. Pendidik. IPA*, vol. 8, no. 2, 2022, doi: 10.29303/jppipa.v8i2.1441.
- [4] Y. E. Afinda and G. Budiono, "Peramalan Jangka Panjang Beban Listrik Sektor Rumah Tangga di Jawa Timur Menggunakan Metode Trend Proyeksi dan Regresi Linier," *El Sains J. Elektro*, vol. 2, no. 1, 2020, doi: 10.30996/elsains.v2i1.4012.
- [5] C. A. Siregar, M. A. Siregar, and S. Lubis, "Effect of Glass Distance on The Efficiency of Sea Water Distillation Tools That Utilize Solar Energy in The City of Medan," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 2, no. 2, pp. 51–55, 2018, [Online]. Available: <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jmemme>
- [6] J. F. Gulo, K. Mustafa, and N. Siregar, "Analisis Perhitungan Dan Penentuan Harga Pokok Produksi Pada PT. Mutifa Medan," *J. Ind. Manuf. Eng.*, vol. 2, no. 1, p. 12, 2019, doi: 10.31289/jime.v2i1.2425.
- [7] N. R. Nurwulan, A. A. Taghsya, E. D. Astuti, R. A. Fitri, and S. R. K. Nisa, "Pengurangan Lead Time dengan Lean Manufacturing: Kajian Literatur," *J. Ind. Manuf. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 30–40, 2021, doi: 10.31289/jime.v5i1.3851.
- [8] W. Arso and A. Domodite, "Analisis Kerusakan Main Bearing pada Unit Generator Mitsubishi BMGS," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 5, no. 2, pp. 151–160, 2021, doi: 10.31289/jmemme.v5i2.4926.
- [9] H. Ibrahim, A. Nasution, I. Hermawan, and M. I. Hutasuhut, "Analisa Dampak Penurunan Kinerja Lube Oil Cooler Pada Turbin di PLTU Belawan," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 4, no. 1, pp. 10–23, 2020, doi: 10.31289/jmemme.v4i1.3282.
- [10] Y. Rahmawati, K. L. Fadhillah, and T. M. Kadarina, "JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering) Analysis of Power Quality in Low Voltage Switch Panels in Real-Time," vol. 7, no. January, pp. 486–501, 2024.
- [11] R. Potensi *et al.*, "Potential Utilization of Biogas from Palm Oil Mill Effluent of PTPN 5 : A Review," *18 Jmemme*, vol. 6, no. 01, pp. 18–31, 2022, doi: 10.31289/jmemme.v6i1.6298.
- [12] V. R. Siburian, "Rancang Bangun Pengontrolan Eksitasi Generator Menggunakan Remote Control.," vol. 1, no. 1, pp. 14–23, 2022, doi: 10.31289/jitek.v1i1.1214.
- [13] A. Fikri, Gheifira Fildzah, S. L. Zulva, Darmawan, and A. Jufri, "Analisis Perbandingan Profitabilitas Kinerja Keuangan PT. Bukit Asam Persero Tbk dengan PT. Dian Swastatika Sentosa Tbk Periode 2011-2021," *Shafin Sharia Financ. Account. J.*, vol. 3, no. 1, 2023, doi: 10.19105/sfj.v3i1.7672.
- [14] P. P. Informatika, F. Mipa, and U. Hamzanwadi, "JITE (Journal of Informatics and Telecommunication Engineering) Development of Smart Servers for Informatics Education Program Using NDLC Method," vol. 7, no. January, pp. 597–606, 2024.
- [15] Zainal, "Analisis Penerapan SAK ETAP dalam Penyusunan Laporan Keuangan pada KSU Sumber Rezeki Kota Binjai," *Jime*, vol. 3, no. 2, pp. 104–112, 2019.
- [16] P. Kualitas, S. Daya, M. Pegawai, K. Mekar, M. Melalui, and P. Penyusunan, "Increasing The Quality of Human Resources of Mekar Mulia," vol. 3, no. 2, pp. 107–117, 2022, doi: 10.31289/pelitamasyarakat.v3i2.6477.
- [17] M. A. Sobikin, "Analisis Drop Tegangan dan Manuver Jaringan pada Penyulang SGN11 dan Penyulang SGN14 Menggunakan Software ETAP 16.0.0," *CYCLOTRON*, vol. 5, no. 1, 2022, doi: 10.30651/cl.v5i1.10638.
- [18] F. Sigalingging, M. Idris, I. Hermawan, and A. Siregar, "Analisis Pembangkit Listrik Termoelektrik Generator Diradiasi Oleh Panas Matahari Thermoelectric Power Plant Analysis Generator Irradiated By Solar Heat," *Jmemme*, vol. 7, no. 1, pp. 104–112, 2023, doi: 10.31289/jmemme.v7i1.6191.
- [19] M. Darwis, N. Safitri, P. Studi, T. Rekeyasa, and P. Energ, "RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO SEBAGAI DISTRIBUTED GENERATOR DI LABORATORIUM PEMBANGKIT DI POLITEKNIK NEGERI LHOKSEUMAWE," *TEKTRO*, vol. 5, no. 1, 2021.

- [20] M. W. Pane, Andreas, and R. Samosir, "Perancangan Turbin Angin Vertikal Modifikasi Darrieus Menggunakan Geometri Airfoil Naca 2414," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 7, no. 2, pp. 178–187, 2023, doi: 10.31289/jmemme.v7i2.9456.