

The Effect of Distributed Generated Injection on Power and Voltage Losses in Electrical Distribution Systems

Mahdi Syukri¹, Ardiansyah Nasution^{2*}

¹Department of Electrical Engineering, Universitas Syiah Kuala,
Banda Aceh Indonesia.

²Department of Electrical Engineering, Malikussaleh University,
Lhokseumawe, Indonesia.

[*ardiansyah.elekrounimal@gmail.com](mailto:ardiansyah.elekrounimal@gmail.com)

ABSTRACT

Distributed Generator (DG) is a small-capacity power plant located within the electrical distribution system and is usually placed on buses directly connected to the load. The placement of distributed generators is a technical effort to reduce voltage drops and power losses in the system. Additionally, Power flow analysis is conducted to plan and determine the power levels within an electrical power system. The results in terms of power losses after adding a DG were achieved in the fifth experiment on bus 149, where the system's total active power loss (P) decreased from 720.822 kW to 682.939 kW, and the total reactive power loss (Q) decreased from 530.02 kVar to 405.835 kVar. These results were obtained from power flow calculations using Electrical Transient Analyzer Program (ETAP) software. Therefore, it can be concluded that the electrical network system is operating efficiently. The results show that the more wind turbine generators are added to the buses, the more the voltage drop is reduced. After simulation, the overall voltage drops still meet the standards according to the text report in ETAP.

Keywords: Distributed Generated; Load Flow; Losses; ETAP; Voltage.

ABSTRAK

Distributed Generator (DG) merupakan pembangkit berkapasitas kecil yang terletak pada sistem distribusi listrik dan biasanya di tempatkan pada bus-bus yang terhubung langsung ke beban. Penempatan pembangkit tersebar adalah salah satu upaya teknik untuk mengurangi penurunan tegangan dan rugi-rugi daya pada sistem. Selain itu juga analisa aliran daya listrik (load flow) studi untuk merencanakan dan mengetahui besarnya daya dalam suatu sistem tenaga listrik. Berdasarkan hasil simulasi didapatkan bahwa rugi rugi daya sesudah ditambahkan DG yang paling optimal hasilnya pada percobaan ke lima yaitu pada bus 149, dimana sistem mengalami kerugian total daya aktif (P) sebelumnya sebesar 720,822 kW, menjadi 682,939 kW dan total kerugian daya reaktifnya (Q) sebelumnya sebesar 530,02 kVar, menjadi 405,835 kVar. Hasil perhitungan aliran daya menggunakan software ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) didapatkan bahwa sistem jaringan listrik sudah optimal. Semakin banyak DG yang di input ke dalam bus maka akan mengurangi drop tegangan yang terjadi, secara keseluruhan jatuh tegangan masih di dalam ambang batas.

Kata kunci: Distribusi Generator; aliran daya; rugi daya; ETAP; Tegangan.

Manuscript received 29 September. 2024, Accepted 9 Nopember. 2024.

Journal Geuthee of Engineering and Energy is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.



1. PENDAHULUAN

Masalah energi mempunyai kecenderungan meningkat dan berkembang, termasuk di dalam negara berkembang. Beberapa negara diberkahi dengan sumber energi yang baru akan habis setelah beberapa dasawarsa lagi. Disamping itu, perkembangan teknologi tentang sumber energi terbarukan dikombinasikan dengan berkembangnya perhatian masyarakat akan isu-isu lingkungan maka DG yang terhubung dengan jaringan telah banyak digunakan [1]. Dalam beberapa tahun terakhir, pemanfaatan sumber daya energi yang melimpah dan operasi yang ramah lingkungan telah sangat populer dalam penelitian sistem distribusi. Generator terdistribusi yang dianggap sebagai generator dengan kapasitas kecil, banyak diperkenalkan pada sistem distribusi daya saat ini [2,3]. Generator terdistribusi sedang dikembangkan di negara-negara maju untuk mendukung kebutuhan listrik negara. Pembangkit terdistribusi dianggap sebagai solusi yang tepat untuk mengatasi kekurangan pasokan energi dan mengatasi masalah sistem distribusi tenaga listrik seperti rugi daya, keseimbangan sistem, dan juga mengatasi beban kritis yang mengalami drop voltage [3]. Pemasangan unit pembangkit terdistribusi biasanya terhubung ke sisi pelanggan dari sistem distribusi [4, 5].

Penempatan DG dapat dilakukan di gardu induk dan juga pada distribusi bisa dipasang pada bus-bus langsung memasok beban. Sebaiknya sebelum melakukan pemasangan terlebih dahulu menganalisis dampak penempatan DG untuk bus yang berbeda, hal ini dilakukan untuk menentukan di mana menempatkan yang terbaik. Karena pembangkit listrik terdistribusi terletak di dekat pusat beban, pembangkit didistribusikan selain langsung melayani beban yang membutuhkan energi listrik tambahan juga dapat dihubungkan ke listrik jaringan distribusi untuk memaksimalkan keandalan jaringan distribusi. Penempatan DG dapat dilakukan di gardu induk dan distribusi juga bisa dipasang di bus-bus itu langsung memasok beban [6,7].

Sebelum memasang kebutuhan untuk menganalisis dampak penempatan DG untuk bus yang berbeda, perlu untuk menentukan di mana harus meletakkan yang terbaik. Standar internasional yang digunakan sebagai acuan adalah standar Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) dan International Electrotechnical Commission (IEC). Nilai tegangan, frekuensi dan beban maksimum merupakan parameter penting dalam sistem distribusi. Tegangan standar adalah $\pm 5\%$ dari tegangan nominal, sedangkan frekuensi standar adalah $\pm 2,5\%$ dari frekuensi alami [8]. Penelitian ini membahas tentang pengaruh injeksi tersebar dengan jumlah unit yang berbeda terhadap rugi-rugi daya dan profil tegangan pada sistem distribusi listrik.

2. METODELOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beberapa tahapan mulai dari studi literasi yang berkaitan, studi literasi, pengumpulan data, dan desain *single line diagram* (SLD) pada sistem PLTD Titi Kuning.

2.1. Distribusi Generator (DG)

DG (distribusi generator) dapat meningkatkan keandalan daya yang disuplai ke pelanggan, memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara lokal dan, jika mungkin, mengurangi kerugian dalam transmisi dan sistem distribusi. Investasi yang berkurang secara keseluruhan dalam pembangkit listrik yang dikirim secara terpusat dan sistem transmisi telah berkontribusi pada pemadaman listrik baru-baru ini di banyak tempat. Karena inovasi teknologi dan pengurangan biaya, generasi terdistribusi memainkan peran yang semakin penting pembangkit tenaga listrik. Dalam banyak kasus, misalnya, di daerah terpencil atau pada saat tarif tinggi di puncak memuat, DG mungkin merupakan solusi hemat biaya. Sambungan DG ke sistem tenaga dapat meningkatkan profil tegangan, kualitas daya dan mendukung stabilitas tegangan. Hal ini memungkinkan sistem untuk menahan kondisi pemuatan yang lebih tinggi dan menunda pembangunan atau peningkatan infrastruktur transmisi dan distribusi baru. Dibandingkan Untuk pembangkit listrik konvensional, DG memiliki waktu konstruksi dan waktu pengembalian modal yang lebih singkat. Banyak negara-negara mensubsidi pengembangan proyek energi terbarukan melalui kewajiban portofolio dan sistem sertifikat daya hijau. Ini memberi insentif untuk berinvestasi lebih banyak pada generasi kecil pembangkit listrik [9, 10].

DG dapat didefinisikan sebagai pembangkit tenaga listrik pada jaringan distribusi atau pada sisi jaringan pelanggan. Maksimum rating dari DG yang dapat dikoneksikan pada jaringan distribusi tergantung dari kapasitas jaringan distribusi, yang berkorelasi dengan tingkat menciptakan terdistribusi (DG). DG didefinisikan sebagai pasokan ke konsumen yang berlokasi jauh dari sistem catu daya pusat melalui pembangkit listrik skala kecil. Berbagai macam menciptakan terdistribusi unit dibedakan untuk marahnya fitur, jenis bahan bakar, tenaga dan efisiensi peringkat dan implikasi biaya telah muncul pasar karena kebutuhan untuk memasok jauh lokasi. Di antara unit-unit Ditjen seseorang dapat menyebutkan dan mesin pembakaran luar, turbin gas dan unit turbin uap, dan yang didasarkan pada energi terbarukan. Biasanya unit yang diberi nilai hingga 3-5 MW adalah paling sering terhubung ke internal jaringan catu daya konsumen, dan mereka di atas - ke catu daya eksternal system [11].

Tabel 2 Data kapasitas dan rating DG

Kapasitas DG	Daya terpasang (MW)
Mikro	1 Watt < 5 kW
Kecil	5 kW < 5 MW
Menengah	5 MW < 50 MW
Besar	50 < 300 MW

2.2. Analisa Aliran Daya

Analisis aliran daya dalam sistem tenaga listrik merupakan analisis yang mengungkapkan kinerja suatu sistem tenaga listrik dan aliran daya (nyata dan reaktif) untuk keadaan tertentu ketika sistem bekerja. Hasil utama dari aliran daya adalah besar dan sudut fasa tegangan pada setiap saluran (bus), daya nyata dan daya reaktif yang ada pada setiap saluran. Hasil analisis aliran daya dapat digunakan untuk mengetahui besarnya losses (rugi daya dan tegangan), alokasi daya reaktif dan kemampuan sistem untuk memenuhi pertumbuhan beban [9, 12].

Studi aliran daya merupakan penentuan atau perhitungan tegangan, arus, daya aktif maupun daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik jaringan listrik pada keadaan operasi normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diharapkan akan terjadi di masa yang akan datang. Dengan studi aliran daya dapat mengetahui tegangan-tegangan pada setiap bus yang ada dalam sistem, baik magnitude maupun sudut fasa tegangan, daya aktif dan daya reaktif yang mengalir dalam setiap saluran yang ada dalam system, kondisi dari semua peralatan, apakah memenuhi batasbatas yang ditentukan untuk menyalurkan daya listrik yang diinginkan [13].

aliran daya di dalam sistem tenaga merupakan studi yang mengungkapkan kinerja dan aliran daya (nyata dan reaktif) untuk keadaan tertentu ketika sistem bekerja saat tunak (steady state). Hasil perhitungan aliran daya digunakan juga sebagai data awal untuk analisis gangguan sistem, analisis stabilitas system, Tujuan utama studi sistem daya adalah untuk menentukan magnitude tegangan, sudut/vektor tegangan, aliran daya aktif dan daya reaktif pada saluran, serta rugi-rugi daya yang muncul dalam suatu sistem tenaga listrik. Jadi pada setiap bus terdapat empat besaran yaitu P,Q,V dan δ . Di dalam studi aliran daya dua dari ke-empat besaran itu diketahui dan dua yang lain perlu dicari. Berdasarkan hal tersebut, bus-bus dibedakan menjadi tiga jenis yaitu bus beban (load bus), bus generator (gen bus), dan bus berayun (slack bus).[14]

2.3. Rugi-rugi Daya

Berdasarkan SPLN No.72 tahun 1987, besarnya nilai rugi daya diperlukan untuk menentukan keandalan pada sistem, yaitu nilai rugi daya dan drop tegangan tidak boleh melebihi standar yang diijinkan, yaitu 5% untuk rugi tegangan dan 10% untuk rugi daya. Apabila melebihi standar yang diijinkan akan menyebabkan kerugian bagi konsumen serta penyalur tenaga listrik. [15] Daya listrik yang dikirim dan di salurkan dari gardu/trafo distribusi ke pemakaian mengalami rugi tegangan dan rugi daya, ini disebabkan karena saluran distribusi mempunyai

tahanan, dan kapasitas. Karena distribusi primer ataupun sekunder berjarak pendek maka kapasitas bisa diabaikan. Rumus rugi daya:

Rugi daya nyata:

$$\Delta P = I^2 R \frac{L^3}{3}$$

Rugi daya reaktif:

$$\Delta Q = I^2 X \frac{L^3}{3}$$

Keterangan :

- P = Daya Aktif (Watt)
- Q = Daya Reaktif (VAR)
- R = Resistansi (Ohm/Km)
- X = Reaktansi (Ohm/Km)
- L = Panjang Saluran (Km)

Tegangan jatuh secara umum adalah tegangan yang di gunakan pada beban. Tegangan jatuh ΔV pada penghantar semakin besar jika arus I di dalam penghantar semakin besar dan jika tahanan penghantar RL semakin besar pula. Tegangan dapat di hitung dengan menggunakan rumus pendekatan hubungan sebagai berikut:

$$\Delta V = \sqrt{3} I L (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

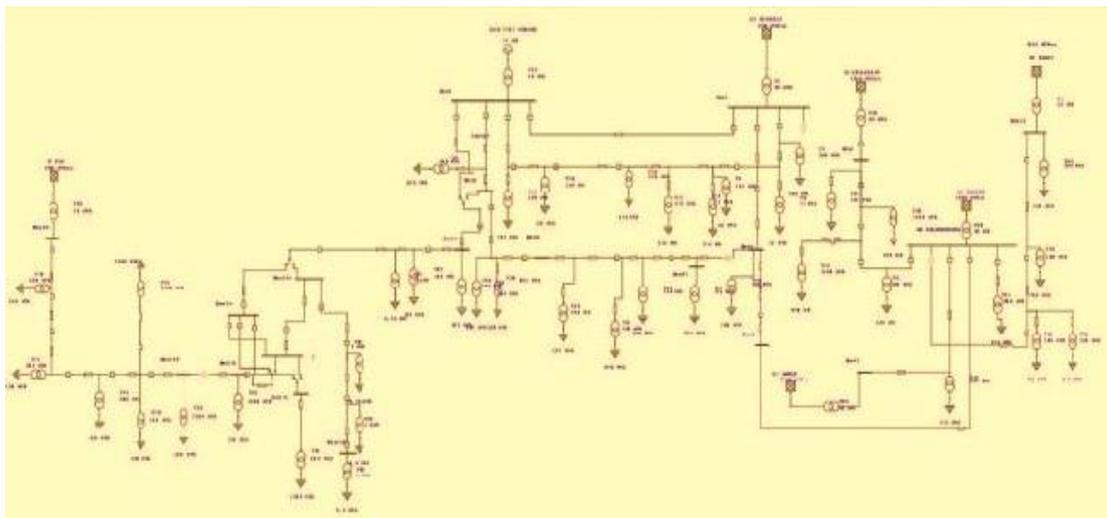
Keterangan :

- I = Arus beban (Ampere)
- R= Tahanan (Ohm/Km)
- X= Reaktansi (Ohm/Km)
- L= Jarak (Km)

Daya yang hilang atau semakin menyusut dalam penyaluran daya listrik dari sumber daya listrik utama menuju ke beban dalam proses penyaluran daya listrik. Pada transmisi dan distribusi tenaga listrik acapkali mengalami rugi-rugi daya yang cukup besar, diakibatkan oleh rugi-rugi pada trafo dan juga rugi-rugi pada salurannya. Dari kedua rugi-rugi daya tersebut menimbulkan pengaruh yang cukup besar terhadap kualitas tegangan dan daya yang dikirimkan ke sisi pelanggan.

2.4 Single Line Diagram PLTD Titi Kuning

Desain single line diagram PLTD Titi Kuning dalam penelitian ini menggunakan software etap 12.6, dimana data yang digunakan yaitu 1 unit generator, 6 power grid, 40 beban, 120 branch, 122 bus. Data ini selanjutnya disimulasikan untuk dilakukan analisa.



Gambar 1, Single line diagram PLTD Titi Kuning

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1. Kapasitas DG yang di injeksi

DG yang akan diinjeksikan pada percobaan ini berupa wind turbine generator dengan kapasitas yang diasumsikan sesuai dengan wind shear profile disekitar daerah tersebut. Dengan data awal yang diperoleh rata-rata kecepatan angin sebesar 2,3 m/s dengan ketinggian 10 m. Kemudian dikembangkan dengan rumus berikut.

$$v = v_{ref} \ln(z/z_0) / \ln(z_{ref}/z_0) \quad (2.3)$$

Dengan menggunakan asumsi roughnes length sebesar 0,03. Maka diperoleh hasil dalam tabel seperti berikut.

Tabel 3. 1 Wind Shear Profil

Pada ketinggian (m)	Kecepatan angin diatas permukaan tanah (m/s)
1	0,789702
20	2,754645
40	3,20929
60	3,47524
80	3,663935
100	3,810298
120	3,929885
140	4,030994
160	4,118579
180	4,195835
200	4,264942
220	4,327458
240	4,38453
260	4,437031
280	4,485639
300	4,530893

Kemudian dari tabel tersebut dituangkan dalam bentuk grafik, berikut grafik yang dihasilkan.



Gambar 2 Grafik Wind Shear Profile.

Dari grafik diatas dapat diasumsikan ketinggian turbin yang dapat digunakan 120 m dengan radius turbin sebesar 40. Kemudian akan mencari daya yang dapat dibangkitkan, sesuai dengan rumus berikut.

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3$$

$$P = \frac{1}{2} \rho [\pi(r^2)] v^3$$

$$P = \frac{1}{2} (1,225)[(3,14)(40^2)](3,8)^3$$

$$P = 84.426W = 84 \text{ kW}$$

Diperoleh asumsi daya yang dapat dibangkitkan oleh sebuah turbin sebesar 84 kW. Kemudian akan diinjeksikan dengan *quantity* 10 pada software ETAP.

3.2. Analisa Aliran Daya (*load flow*) dan tegangan jatuh

Analisis jaringan daya merupakan suatu proses pengamatan bebarapa besaran listrik seperti profil tegangan bus, aliran daya nyata, dan daya reaktif pada saluran pada system tenaga listrik sedangkan *Drop* tegangan merupakan besarnya jumlah tegangan yang hilang pada saluran/penghantar. Besarnya drop tegangan di nyatakan baik dalam bentuk (%) atau dalam besaran Volt sesuai dngan SPLN No. 72 tahun 1987 besar batas bawah dan batas atas *drop* tegangan adalah sebesar 5% dari tegangan nominal. Berdasarkan penelitian ini data yang saya peroleh dari PLTD Titi Kuning yang berlokasi di Jl, Brigiend Katamso KM 5,5 Titi Kuning, Kec. Medan Johor, Kota Medan Sumatera Utara dimana PLD ini telah di operasiakn 45 tahun lamanya, sejak 1976 samapai sekarang.

3.3. Analisa Aliran Daya dan Drop Tegangan

Setelah di simulasikan ke software etap pada gambar 4.1 di atas, sehingga dapat di hasilkan nilai aliran daya dan rugi-rugi daya yang di hasilkan pada bus sebelum injeksi DG di lakukan. Di bawah ini nilai yang di hasilkan adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Analisis Aliran Daya dan Drop Tegangan

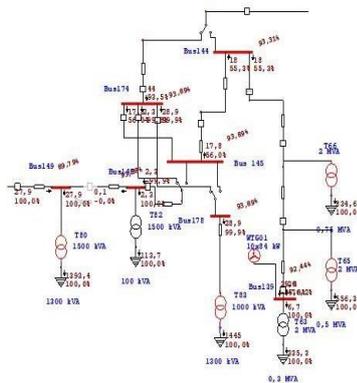
Bus ID	Nominal (kV)	Voltage (%)
Bus1	150	100
Bus2	20	103,28
Bus4	21	101,06
Bus5	20	102,6
Bus6	21	100,62
Bus8	20	102,52
Bus9	20	102,49
Bus11	20	102,53
Bus12	150	100
Bus13	20	99,82
Bus59	6	100
Bus89	21	98,3
Bus92	21	100,45
Bus97	21	100,26
Bus139	21	89,68
Bus144	21	92,1
Bus 145	21	93,01
Bus148	21	93
Bus149	21	89,79
Bus154	20	102,06
Bus155	150	100
Bus174	21	93,01
Bus178	21	93,01
Bus182	150	100
Bus184	150	100
Bus185	150	100
GH DOLOKSANGGUL	20	102,49

Keterangan = Batas kritis (%)
 =Batas marginal (%)

Dari tabel 3.1 di atas ada dimana bus yang berwarna Merah adalah bus yang mengalami *drop* tegangan > 5 % sebelum injeksi DG tersebar ialah pada, bus 139, bus 144, bus 145, bus 148, bus 149, bus 174, bus 178. Dimana batas *drop* tegangan yang di dihasilkan pada bus maksimal sebesar 5%. Sehingga *drop* tegangan yang di dihasilkan bus di atas telah melampaui standar IEE 141 yang berlaku. Maka akan dilakukan simulasi injeksi DG tersebar pada beberapa bus yang mengalami *drop* tengangan paling tinggi. Sehingga dapat di dihasilkan dengan rugi-rugi dayanya mencapai 891,3 kW.

a. DG dipasang pada bus 139

Pada kasus ini di pasang pada bus 139 dengan nilai *drop* tegangan sebelum di injeksi DG *wind turbine generator* adalah sebesar 89,62%.

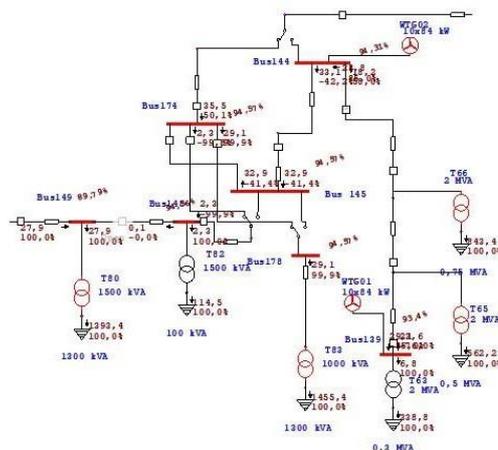


Gambar 3, Pemasangan DG pada bus 139.

Dari hasil simulasi setelah injeksi DG pada bus 139 jatuh tegangan yang voltage sebelumnya 89,62 menjadi 92,44. Sehingga jatuh tegangannya naik sebesar 3,18% dari sebelumnya, sehingga setelah DG *wind turbine generator* dimasukkan atau ditambah pada bus 139 dapat mempengaruhi nilai tegangan pada bus-bus lainnya.

b. DG dipasang pada bus 144

Pada kasus ini di pasang pada dan bus 144 dengan nilai *drop* tegangan sebelum injeksi DG *wind turbine generator* dilakukan sebesar 92,1%.

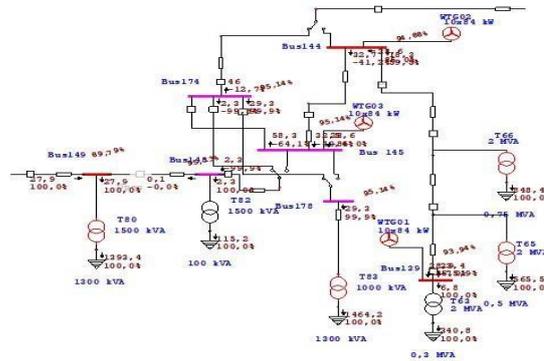


Gambar 4, Pemasangan DG pada bus 144.

Dari hasil simulasi setelah injeksi DG tersebar, nilai yang di dihasilkan pada *drop* tegangan sebesar 94,31%. Setelah dilakukan injeksi DG tersebar, bus yang telah di injeksi sebelumnya pada bus 139 juga mengalami perumabah *drop* tegangan sebesar 1%.

c. DG dipasang pada bus 145

Pada kasus ini di pasang pada bus 145 dengan nilai drop tegangan sebelum di injeksi DG *wind turbine generator* adalah sebesar 93,01%.

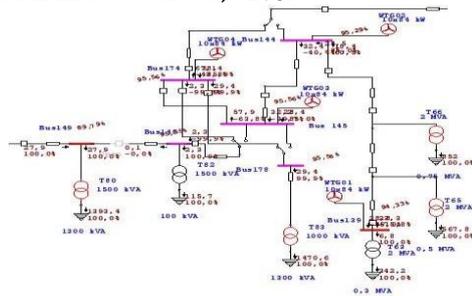


Gambar 5, Pemasangan DG pada bus 145.

Dari hasil simulasi injeksi DG tersebar pada bus 145 ini factor dayanya naik dimana sebelumnya 93,01% dan setelah di injeksi DG menjadi 95,14%, dan setelah injeksi DG tersebut terdapat beberapa bus yang factor dayanya naik ataupun mempengaruhi bus 139, dan bus 144.

d. DG dipasang pada bus 174

Pada kasus ini di pasang pada bus 174 dengan nilai drop tegangan sebelum di injeksi DG *wind turbine generator* adalah sebesar 93,01%.

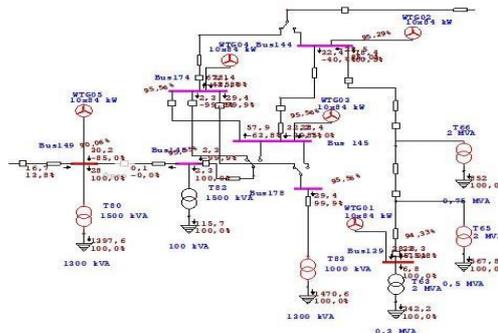


Gambar 6, Pemasangan DG pada bus 174

Dari hasil simulasi setelah injeksi DG pada bus 174 ini terdapat beberapa bus yang factor dayanya naik, yaitu bus 139, bus 144, bus 145, dan bus 178. Dimana naiknya factor daya yang signifikan dari 93,01% menjadi 95,56%, bus 139 dari 89,62% menjadi 94,33%, bus 144 dari 92,1% menjadi 95,29%, bus 145 dari 93,01% menjadi 95,14%, dan bus 178 dari 93,01% menjadi 95,56%.

e. DG dipasang pada bus 149

Pada kasus ini di pasang pada bus 149 dengan nilai drop tegangan sebelum di injeksi DG *wind turbine generator* adalah sebesar 89,79%.



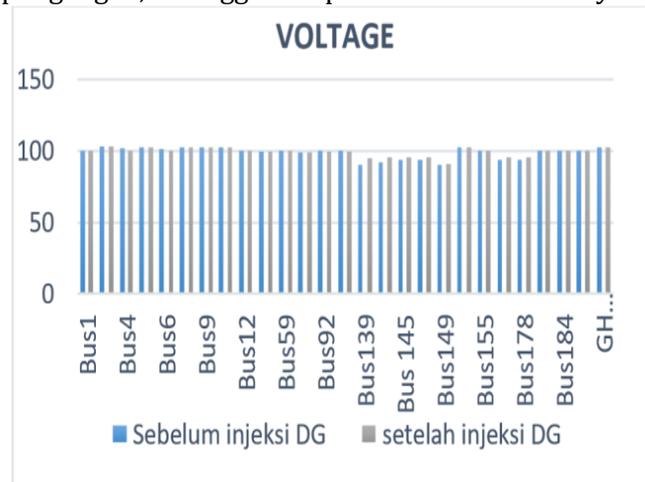
Gambar 7 Pemasangan DG pada bus 149

Dari hasil simulasi setelah injeksi DG terdapat beberapa bus yang factor dayanya naik, yaitu bus 139, bus 144, bus 145, bus 178, bus 174. Naiknya factor daya terjadi karena DG tersebut menyuplai daya aktif (P) ke titik bus yang telah di injeksi dari 89,79% menjadi 90,06%. Bus139 dari 89,62% menjadi 94,33%, bus 144 dari 92,1% menjadi 95,29%, bus 145 dari 93,01% menjadi 95,14%, bus 178 dari 93,01% menjadi 95,56%.

Setelah pemasangan DG wind turbin generator pada jaringan dapat membantu memenuhi kebutuhan daya yang semakin naik di dalam jaringan distribusi, meskipun pemakaian DG wind turbine generator hanya mengurangi drop tegangan yang terjadi sebesar 2-3%.

f. dampak injeksi DG tersebar

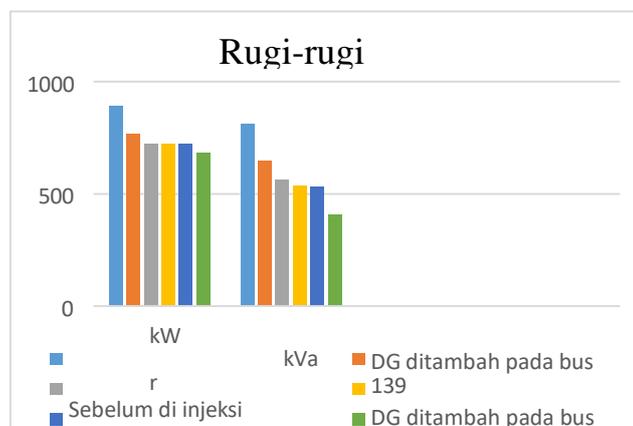
Setelah di injeksi DG dan disimulasikan dalam bentuk software ETAP 12.6, pada titik bus yang mengalami drop tegangan, sehingga didapatkan hasil aliran daya di bawah ini:



Gambar 8, Grafik injeksi DG sebelum dan sesudah

Dari gambar grafik di atas, injeksi DG tersebar yang di lakukan dapat mempengaruhi aliran daya pada jaringan, dimana setelah di lakukan pemasangan DG *wind turbine generator* ke masing-masing bus yang di tentukan yang drop tegangannya melebihi dari standar IEE sebesar 5% dan nilai yang di dihasilkan sebesar 4% meskipun ada dua bus yang masih mengalami drop tegangan yaitu, bus 139 dan bus 149, dimana factor daya yang disuplai dari penambahan DG *wind turbine generator* masih kurang, sehingga tidak mencapai standar sebesar 95%.

3.3. Rugi-Rugi Daya Pada Sistem Distribusi Listrik



Gambar 9, Grafik loses setelah injeksi DG tersebar

Gambar grafik 3.8 ini menunjukkan perbedaan nilai rugi-rugi daya, sebelum injeksi DG dilakukan, DG ditambah pada bus 139, bus 144, bus 145, bus 174, bus 149. dimana nilai kerugian yang terjadi pada daya aktif (P) dan reaktif (Q) semakin di tambah DG nilai loses nya semakin menurun.

3.3.1. Perbandingan Rugi-Rugi Daya

Tabel 3. 3 perbandingan total rugi-rugi daya

Injeksi DG pada Bus	Total rugi-rugi daya aktif (kW)	Total rugi-rugi daya reaktif (kVar)
Tanpa DG	891,3	809,5
Bus 139	768,3	644,7
Bus 144	721,3	561,6
Bus145	721,2	536,1
Bus174	720,8	530,02
Bus 149	682,9	405,8

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa dampak injeksi pembangkit tersebar adalah naiknya profil tegangan pada semua bus dan mengurangi rugi-rugi daya yang terjadi pada penyulang sebesar 2 sampai 3 %. Dampak terbaik pada injeksi DG (wind turbine generator) yang di lakukan terdapat pada percobaan ke 5 (lima) dimana beberapa bus yang mengalami drop tegangan di bawah standar IEEE, setelah di injeksi nilai pada bus naik. R

Rugi- rugi daya aktif yang paling kecil terjadi saat injeksi DG di masukkan pada bus 147 dimana daya aktif (P) sebesar 682,9 kW, daya reaktif (Q) 405,8 kVar Sedangkan yang paling besar terjadi pada saat tanpa injeksi DG yaitu daya aktif (P) sebesar 891,3 kW, daya reaktif (Q) 809,5 kVar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Distribusi, "Analisis placement of distributed generation," vol. 1, no. 1, 2012.
- [2] N. I. Luthfi, Yuningtyastuti, and S. Handoko, "Optimasi Penempatan Distributed Generation Pada Ieee 30 Bus System Menggunakan Bee Colony Algorithm Metode," *Transient*, vol. 2, no. 3, pp. 758–763, 2013.
- [3] M. Musaruddin, A. Munawir, and S. Hay, "Pengaruh Pemasangan Pembangkit Terdistribusi (Distributed Generation) Terhadap Magnitude Arus Gangguan pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik," vol. 2, no. 2502, 2017.
- [4] E. K. Bawan, "Dampak Pemasangan Distributed Generation Terhadap Rugi-Rugi Daya," *J. Ilm. Foritek*, vol. 2, no. 21, pp. 216–223, 2012.
- [5] I. N. C. Artawa, I. W. Sukerayasa, and I. A. Dwi Giriantari, "Analisa Pengaruh Pemasangan Distributed Generation Terhadap Profil Tegangan Pada Penyulang Abang Karangasem," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, no. 3, p. 79, 2017, doi: 10.24843/mite. 2017.v16i03p13.
- [6] T. Elektro, "Effect Of Distributed Generation Installation On The Effect Of Applying Distributed Generation To Voltage," vol. 13, no. 1, pp. 12–19, 2012.
- [7] . S., S. Yunus, . A., "Analisa Pengaruh Integrasi Pembangkit Tersebar dalam Sistem Komposit," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, p. 95, 2014, doi: 10.25077/jnte.v3n1.61.2014.
- [8] S. F. Permana, "Analisis Pengaruh Pemasangan Distributed Generation Pada Jaringan Distribusi Pusdiklat Migas Cepu," 2016.
- [9] P. Galakkan, I. Registrasi, P. Energi, and D. M. Nusantara, *New Renewable Energy And Electricity Strategic Program*. 2016

-
- [10] V. Van Thong, J. Driesen, and R. Belmans, "Interconnection of Distributed Generators and Their Influences on Power System," vol. 6, no. 1, pp. 127–140, 2005
- [11] A. M. Guseynov and B. S. Akhundov, "Defining Impact of Distributed Generation on Power System Stability," pp. 122–125.
- [12] J P. Fibers, "Analysis of the powe flow of the electrical power system in the Texturizing Section of PT Asia Pacific Fibers tbk Kendal using ETAP Power station 4.0 software," J. Tek. Elektro, vol. 7, no. 1, pp. 7–10, 2015.
- [13] A. Suriadi, "Analysis the flow of power in an electric power system using software ETAP 12.6," vol. 06, no. 3. 2019.
- [14] K. Timur, M. Software, B. T. Aribowo, and M. Muksim, "simulation and load flow analysis of interconection system," no. September, pp. 626– 633, 2018.
- [15] G. Albaroka, T. Elektro, U. N. Surabaya, T. Elektro, and U. N. Surabaya, "analysis power loss on the distribution network of the barat jaya in the surabaya selatan using software ETAP 12.6," no. 72, 1987.