

SIMULASI DAN ANALISA PEMASANGAN *DISTRIBUTED GENERATION* PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 KV MENGGUNAKAN ETAP 19.0

Firwan Dani¹, Arnawan Hasibuan^{1*}, Asran¹, Misbahul Jannah¹, I Made Ari Nrarta²,

¹Universitas Malikussaleh, Indonesia

²Universitas Mataram, Indonesia

*Email: arnawan@unimal.ac.id

Abstrak

Pembangkit listrik konvensional biasanya dirancang berskala besar, terpusat, dan dibangun jauh dari pusat beban, sehingga memerlukan jaringan transmisi dan distribusi untuk pendistribusian tenaga listrik. Mengingat panjang saluran distribusi dan beban input yang tinggi, serta meningkatnya jumlah aplikasi listrik setiap tahun merupakan faktor yang mempengaruhi kualitas distribusi listrik. Dari permasalahan di atas, dilakukan simulasi dan pemasangan pembangkit terdistribusi menggunakan 3 skenario berdasarkan titik jatuh tegangan terbesar. Pembangkit terdistribusi skenario 1 memiliki tegangan rata-rata 95,16% atau 19,81 kV dan drop tegangan rata-rata 9,82% atau 1,965 kV dan rugi daya 946,69 kW, sedangkan rugi daya berkurang 17,8% atau 733,7 kW. Pembangkit terdistribusi pada skenario 2 memiliki tegangan rata-rata sebesar 95,84% atau 19,17 kV dan penurunan tegangan rata-rata sebesar 4,16% atau 0,833 kV serta rugi daya sebesar 1062,4 kW, dimana rugi daya berkurang sebesar 15,8% atau 618 kW. PLTU skenario 3 tidak mengalami drop tegangan, tegangan rata-rata 102,4% atau 20,38 kV, dan rugi daya 1062,4 kW, sedangkan rugi daya berkurang 29,7% atau 1114,6 kW.

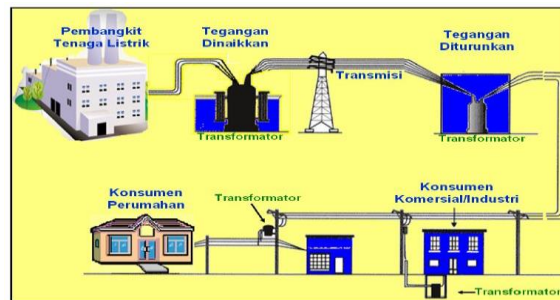
Kata kunci: *Sistem distribusi, distributed generation, wind turbine, ETAP*

Pendahuluan

Pembangkit listrik konvensional seringkali berskala besar, terkonsentrasi dan dibangun jauh dari pusat beban, sehingga membutuhkan jaringan transmisi dan distribusi untuk mendistribusikan listrik. Sistem tenaga konvensional terdiri dari tiga bagian, yaitu sistem pembangkitan, sistem transmisi dan sistem distribusi yang terhubung dengan beban [1].

Gardu Hubung Lamno merupakan salah satu wilayah distribusi PT PLN (Persero) wilayah kota Meulaboh yang dialiri listrik dari gardu induk Meulaboh. Gardu Hubung Lamno dengan panjang jalur 145 km merupakan saluran terpanjang dan terjauh bagi PT. PLN (Persero) Rayon Meulaboh Suatu wilayah pelayanan perkotaan yang mengalami penurunan tegangan sebesar 18% dengan nilai tegangan transmisi dari gardu induk sebesar 20 kV dan tegangan terima minimum sebesar 16 kV, maka berdasarkan SPLN No. 72 Tahun 1987 yaitu a penurunan tegangan dengan batas yang diijinkan +5% dan -10%, yang berada di luar standar yang ditetapkan [2]. Mengingat panjang jaringan distribusi dan beban yang tinggi, meningkatnya

Setiap elemen jaringan distribusi dipasang di lokasi eksklusif dengan trafo distribusi dimana tegangan distribusi 20 kV diturunkan ke level tegangan yang lebih rendah yaitu 380/220 Volt. Dari trafo distribusi, konsumen listrik dilayani dengan menarik kabel tegangan rendah yang diletakkan di sepanjang pusat pemukiman, yang meliputi konsumen komersial, serta beberapa perusahaan industri yang berlokasi di tempat ini [7].



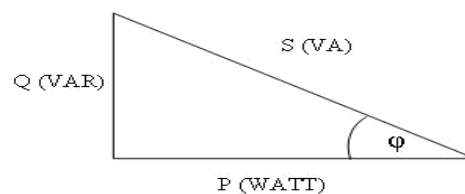
Gambar 2. Skema penyaluran sistem tenaga listrik jaringan distribusi

Studi Aliran Daya

Analisis aliran energi listrik pada setiap kapasitas listrik digunakan untuk mengetahui besaran-besaran listrik yang ada pada sistem tenaga listrik. Seperti penurunan tegangan, pemanfaatan beban, korsleting dan kegagalan daya. Dalam mempelajari arus diperlukan beberapa data dari generator, trafo, busbar dan beban untuk mengetahui besaran listrik lainnya. [3].

Masalah aliran beban mencakup perhitungan analisa dan tegangan sistem pada terminal tertentu atau bus tertentu. Representasi fasa tunggal selalu dilakukan karena sistem dianggap seimbang [8]. Dalam studi aliran daya, bus-bus dibagi dalam tiga macam, yaitu:

- Slack bus/ Swing bus/ bus referensi.
- Voltage controll bus/ bus generator (PV Bus)
- Load bus/ bus beban



Gambar 3. Segitiga Daya

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa besaran masing-masing daya adalah sebagai berikut:

$$S = V \times I \quad (2.1)$$

$$P = V \times I \times \cos\phi \quad (2.2)$$

$$Q = V \times I \times \sin\phi \quad (2.3)$$

$\cos\phi$ bernilai negatif jika sudut arus mendahului tegangan maka beban bersifat *leading*, sedangkan $\cos\phi$ bernilai positif jika gelombang arus tertinggal oleh tegangan maka beban tersebut bersifat *lagging* [3].

Wind Turbine

Wind Turbine adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para

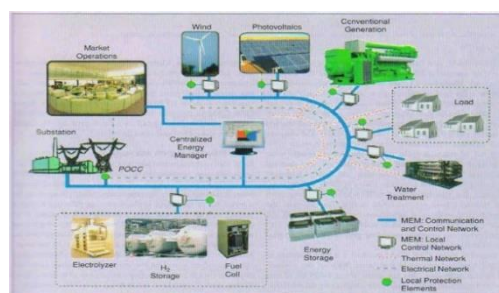
petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi dan lain-lain [9]. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan *Windmill*.

Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional, turbin angin masih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbaharui sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik [10].

Distributed Generation

Distributed Distributed Generation (DG) adalah pembangkit listrik skala kecil (dari 50 kW hingga 00 MW) yang menggunakan teknologi ramah lingkungan dan terhubung langsung ke jaringan distribus [3]. Istilah DG dikenal berbeda di setiap negara, misalnya negara-negara Anglo-Saxon dengan istilah *integrated generation*, *distributed generation* di Amerika Utara, *decentralized generation* di Eropa dan sebagian Asia. Selain dari itu *Distributed Generation* seringkali disebut juga dengan *on-site generation*, *dispersed generation*, *embedded generation*, *decentralized generation*, atau *distributed energy* [11].

Peralatan pembangkit tenaga listrik terdistribusi memiliki satu fungsi utama, yaitu sebagai perangkat yang berfungsi untuk memprediksi jika terjadi pemadaman listrik utama atau peralatan cadangan dan digunakan sebagai peralatan yang terpasang pada saat jam puncak atau peralatan puncak. Pembangkit listrik terdistribusi dicirikan oleh skala kecil, distribusi dan kedekatan dengan pusat beban (tertutup dengan beban), terkait dengan sistem distribusi, pembangunan jaringan transmisi yang terbatas, dan aliran arus searah. Genset ini ramah lingkungan, andal untuk merespon perubahan beban, mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, deregulasi pasar listrik dan masih banyak lagi manfaat lainnya [12]. Konfigurasi sistem pembangkit terdistribusi dapat dilihat pada gambar 4 berikut :



Gambar 4. Skema *Distributed Generation*

Klasifikasikan *distributed generator* berdasarkan kapasitas pembangkitan yang dimilikinya seperti dalam tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasikan *distributed generator*

No	Jenis DG	Kapasitas DG
1	Micro distributed generator	1 watt – 5 kW
2	Small distributed generator	5 kW – 5 MW
3	Medium distributed generator	5 MW – 50 MW

No	Jenis DG	Kapasitas DG
4	Large distributed generator	50 MW – 300 MW

Metodologi Penelitian

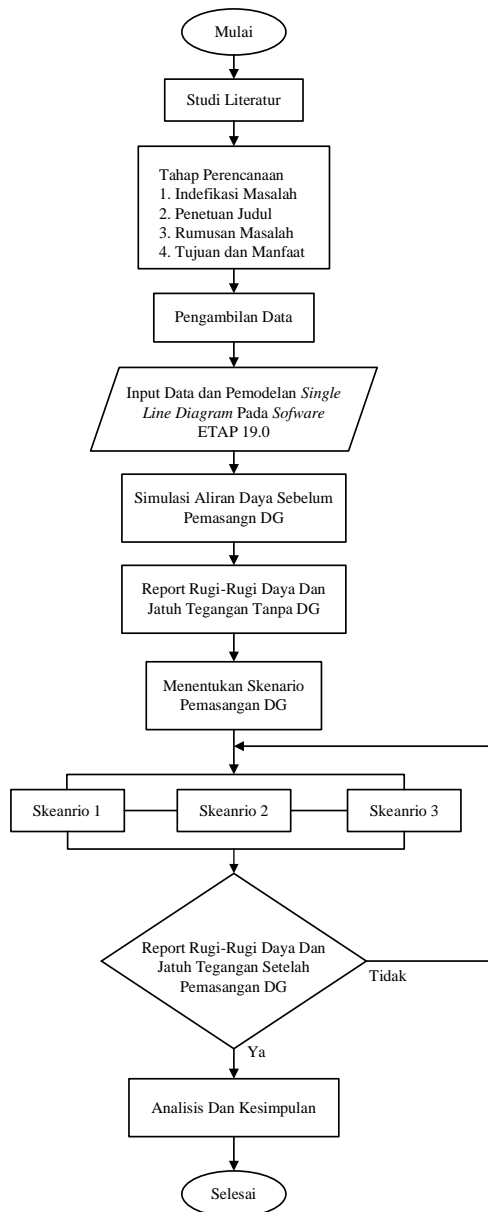
Metodologi penelitian merupakan keseluruhan atau kronologis suatu penelitian, dari awal permasalahan sampai suatu masalah dapat terjawab atau diselesaikan. Metode penelitian adalah langkah-langkah atau tahapan yang digunakan dalam mengerjakan penelitian [13]. Pendekatan penelitian merupakan cara untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian yang diinginkan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Adapun aspek kuantitatif pada penelitian ini untuk mengetahui dampak dari pemasangan *Distributed Generation* jenis *Wind Turbine* terhadap profil tegangan dan rugi rugi daya pada sistem distribusi 20 kV.

Studi Literatur

Dalam suatu penelitian studi literatur memiliki peranan penting, karena dapat dimanfaatkan sebagai landasan logika berfikir dalam menyelesaikan masalah secara ilmiah. Studi literatur dilakukan dengan cara mempelajari teori dan metode yang akan digunakan untuk mencapai tujuan suatu penelitian [14].

Prosedur Penelitian

Sebelum melakukan penelitian, peneliti meninjau jaringan distribusi dengan saluran paling panjang yang terdapat pada PT. PLN Persero Rayon Meulaboh Kota. Setelah menentukan lokasi penelitian, ada tahapan selanjutnya seperti pada gambar 5 berikut.



Gambar 5. Diagram alir penelitian

Hasil dan Pembahasan

Analisa Pemasangan *Distributed Generation*

Untuk pemasangan *Distributed Generation* digunakan 3 skenario berdasarkan titik jatuh tegangan paling besar yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Skenario Pemasangan *Distributed Generatin*

Skenario	Lokasi	Jenis	Kapasitas
----------	--------	-------	-----------

Skenario	Lokasi	Jenis	Kapasitas
Skenario 1	Bus GH Teunom	Wind Turbine	1,3 MW
Skenario 2	Bus GH Calang	Wind Turbine	1,3 MW
Skenario 3	Bus GH Calang dan Bus GH Teunom	Wind Turbine	1,3 MW

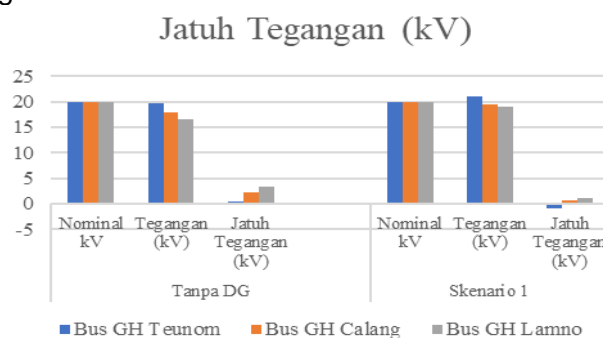
Pemasangan *Distributed Generation* Skenario 1

Nilai jatuh tegangan setelah dilakukan pemasangan *Distributed Generation* skenario 1, dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data jatuh tegangan setelah pemasangan DG skenario 1

Bus ID	Nominal kV	Tegangan		Jatuh Tegangan	
		(kV)	(%)	(kV)	(%)
Bus GH Teunom	20	21,03	102,46	-1,03	-2,46
Bus GH Calang	20	19,42	97,11	0,58	2,89
Bus GH Lamno	20	18,98	94,9	1,02	5,10

Tabel 3. menunjukkan nilai jatuh tegangan setelah pemasangan *Distributed Generation* skenario 1, dapat dilihat hanya terdapat satu bus yang mengalami jatuh tegangan diatas 5% yaitu pada Bus GH Lmano sebesar 5,10% atau 1,020 kV. Pemasangan *Distributed Generation* skenario 1, tegangan pada tiap bus mengalami kenaikan. Dimana pada Bus GH Teunom mengalami kenaikan sebesar 4,21 % atau 1,382 kV, pada Bus GH Calang mengalami kenaikan sebesar 7,70 % atau 1,540 kV dan pada Bus GH Lamno mengalami kenaikan sebesar 12,03 % atau 2,407 kV. Perbaikan jatuh tegangan setelah pemasangan *Distributed Generation* skenario 1 dapat dilihat pada gambar 6.



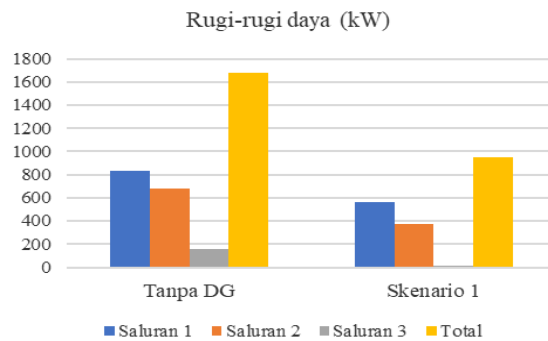
Gambar 6. Jatuh tegangan sebelum dan sesudah pemasangan DG Skenario 1

Tabel 4. Rugi-rugi daya setelah pemasangan DG skenario 1

Saluran	Bus		Panjang Saluran (KM)	Rugi-rugi daya (Kw)
	Dari	Ke		
1	Bus TD 1	Bus GH Teunom	47	560,5
2	Bus GH Teunom	Bus GH Calang	47	372,4
3	Bus GH Calang	Bus GH Lamno	51	13,79

Tabel 4. menunjukkan nilai rugi-rugi daya setelah pemasangan *Distributed Generation* skenario 1, rugi-rugi daya pada sistem ini sebesar 946,69 Kw dimana, rugi-rugi daya berkurang sebesar 17,8% atau 733,7 Kw, hal ini dapat dilihat dari

berkurangnya rugi-rugi daya pada setiap saluran, dimana pada saluran 1 sebesar 14,9% atau 275 Kw, pada saluran 2 sebesar 18,3% atau 310,8 Kw dan pada saluran 3 sebesar 8,5% atau 147,9 Kw. untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 7. Rugi-rugi daya sebelum dan sesudah pemasangan DG skenario 1

Pemasangan *Distributed Generation* Skenario 2

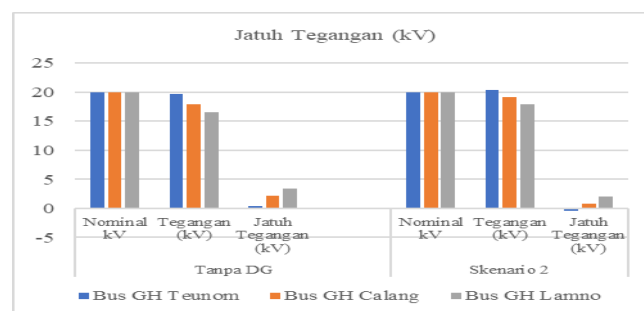
Nilai jatuh tegangan setelah dilakukan simulasi pemasangan *Distributed Generation* skenario 2, dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Data jatuh tegangan setelah pemasangan DG skenario 2

Bus ID	Nominal kV	Tegangan		Jatuh Tegangan	
		(kV)	(%)	(kV)	(%)
Bus GH Teunom	20	20,36	101,8	-0,360	-1,80
Bus GH Calang	20	19,17	95,85	0,831	4,15
Bus GH Lamno	20	17,97	89,86	2,028	10,14

Tabel 5. menunjukkan nilai jatuh tegangan setelah pemasangan *Distributed Generation* skenario 2, dapat dilihat terdapat 1 Bus yang mengalami jatuh tegangan diatas 5% yaitu pada Bus GH Lamno sebesar 10,14% atau 2,028 kV.

Pemasangan *Distributed Generation* skenario 2, tegangan pada setiap bus mengalami kenaikan, dimana pada Bus GH Teunom sebesar 3,55% atau 0,710 kV, pada Bus GH Calang sebesar 6,44% atau 1,287 kV dan pada Bus GH Lamno sebesar 6,99% atau 1,339 kV. Perbaikan jatuh tegangan setelah pemasangan *Distributed Generation* skenario 1 dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



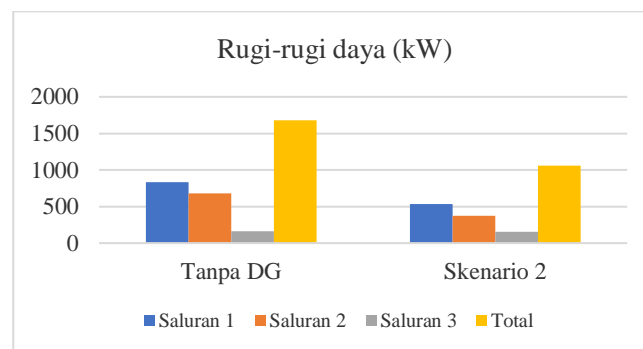
Gambar 8. Jatuh tegangan sebelum dan sesudah pemasangan DG Skenario 2

Tabel 6. Rugi-rugi daya setelah pemasangan DG skenario 2

Saluran	Bus	Panjang	Rugi-rugi daya
---------	-----	---------	----------------

	Dari	Ke	Saluran (KM)	(Kw)
1	Bus TD 1	Bus GH Teunom	47	537,1
2	Bus GH Teunom	Bus GH Calang	47	373,2
3	Bus GH Calang	Bus GH Lamno	51	152,1

Tabel 6 menunjukkan nilai rugi-rugi daya setelah pemasangan *Distributed Generation* skenario 2, rugi-rugi daya pada sistem ini sebesar 1062,4 Kw dimana, rugi-rugi daya berkurang sebesar 15,8% atau 618 Kw, hal ini dapat dilihat dari berkurangnya rugi-rugi daya pada setiap saluran, dimana pada saluran 1 sebesar 15,6% atau 298,4 Kw, pada saluran 2 sebesar 18,3% atau 310 Kw dan pada saluran 3 sebesar 0,94% atau 9,4 Kw. untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 9. Rugi-rugi daya sebelum dan sesudah pemasangan DG skenario 2

Pemasangan *Distributed Generation* Skenario 3

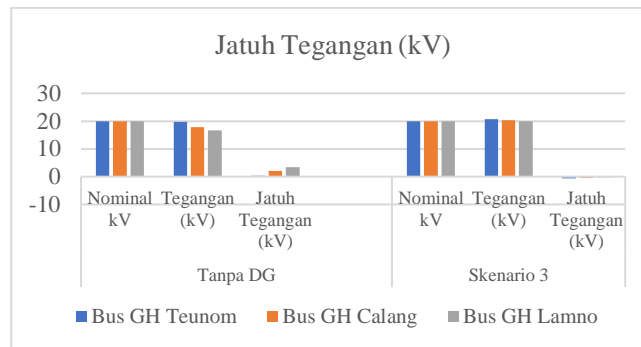
Nilai jatuh tegangan setelah dilakukan pemasangan *Distributed Generation* skenario 3, dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Data jatuh tegangan setelah pemasangan DG skenario 3

Bus ID	Nominal kV	Tegangan		Jatuh Tegangan	
		(kV)	(%)	(kV)	(%)
Bus GH Teunom	20	20,72	105,16	-0,721	-5,16
Bus GH Calang	20	20,40	102,05	-0,409	-2,05
Bus GH Lamno	20	20,01	100,08	-0,016	-0,08
Rata-rata		20,38	102,43	-0,382	-2,43

Tabel 7 menunjukkan nilai jatuh tegangan setelah pemasangan *Distributed Generation* skenario 3, dapat dilihat tidak terdapat bus yang mengalami jatuh tegangan.

Pemasangan *Distributed Generation* skenario 3, tegangan pada setiap bus mengalami kenaikan. Dimana pada Bus GH Teunom sebesar 6,91% atau 1,071 kV, pada Bus GH Calang sebesar 12,64% atau 2,527 kV dan pada Bus GH Lamno sebesar 17,21 % atau 3,443 kV. Perbaikan jatuh tegangan setelah pemasangan *Distributed Generation* skenario 3 dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

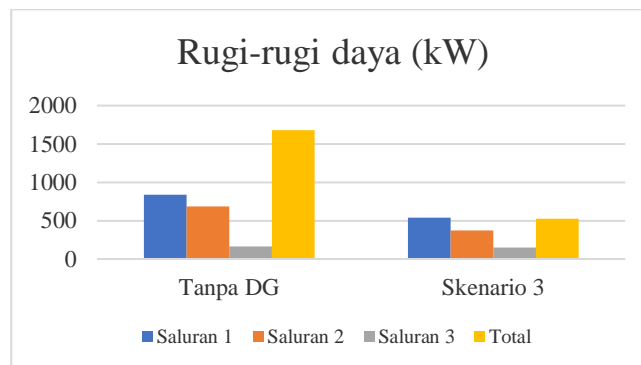


Gambar 10. Jatuh tegangan sebelum dan sesudah pemasangan DG skenario 3

Tabel 8. Rugi-rugi daya setelah pemasangan *Distributed Generation* skenario 3

Saluran	Bus		Panjang Saluran (KM)	Rugi-rugi daya (Kw)
	Dari	Ke		
1	Bus TD 1	Bus GH Teunom	47	368,1
2	Bus GH Teunom	Bus GH Calang	47	183,6
3	Bus GH Calang	Bus GH Lamno	51	14,1

Tabel 8 menunjukkan nilai rugi-rugi daya setelah pemasangan *Distributed Generation* skenario 3, rugi-rugi daya pada sistem ini sebesar 565,8 Kw, dimana rugi-rugi daya berkurang sebesar 29,7% atau 1114,6 Kw, hal ini dapat dilihat dari berkurangnya rugi-rugi daya pada setiap saluran, dimana pada saluran 1 sebesar 22,7% atau 467,4 Kw, saluran 2 sebesar 37,2% atau 499,6 Kw dan pada saluran 3 sebesar 8,72% atau 147,6 Kw. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 11. Rugi-rugi daya sebelum dan sesudah pemasangan DG skenario 3

Kesimpulan

Dari hasil simulasi dan analisa pemasangan *Distributed Generation* pada sistem distribusi 20 kV dari Gardu Induk (GI) Meulaboh ke Gardu Hubung (GH) Lamno yang dilakukan dengan menggunakan *software* ETAP 19.0. Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pemasangan *Distributed Generation* skenario 1 memiliki nilai rata-rata tegangan sebesar 95,16% atau 19,81 kV dan nilai rata-rata jatuh tegangan sebesar 9,82% atau 1,965 kV serta rugi-rugi daya sebesar 946,69 Kw, dimana rugi-rugi daya berkurang sebesar 17,8% atau 733,7 Kw.

2. Pemasangan *Distributed Generation* skenario 2 memiliki nilai rata-rata tegangan sebesar 95,84% atau 19,17 kV dan nilai rata-rata jatuh tegangan sebesar 4,16% atau 0,833 kV serta rugi-rugi daya sebesar 1062,4 Kw, dimana rugi-rugi daya berkurang sebesar 15,8% atau 618 Kw.
3. Pemasangan *Distributed Generation* skenario 3 tidak mengalami jatuh tegangan, nilai rata-rata tegangan sebesar 102,4% atau 20,38 kV serta rugi-rugi daya sebesar 1062,4 Kw, dimana rugi-rugi daya berkurang sebesar 29,7% atau 1114,6 Kw.
4. Dari 3 skenario yang dilakukan dalam melakukan simulasi pemasangan *Distributed Generation* pada sistem distribusi 20 kV, skenario ke-3 menjadi pilihan terbaik, karena tidak terdapat jatuh tegangan pada sistem distribusi dan dapat meningkatkan profil tegangan serta dapat mengurangi rugi-rugi daya sebesar 29,7% atau 1114,6 Kw dengan panjang saluran distribusi 145 KM.

Daftar Pustaka

- [1] M. A. ADHIEM, S. H. PERMANA, B. M. FATURAHMAN, and others, *Pembangkit Listrik Tenaga Surya bagi Pembangunan Berkelanjutan*. Publica Indonesia Utama, 2021.
- [2] J. Tiro and L. Ruslan, "Analisis Penempatan Transformator Distribusi Berdasarkan Jatuh Tegangan Di PT PLN (Persero) ULP Malino," *J. Teknol. Elekterika*, vol. 16, no. 2, pp. 69–72, 2019.
- [3] M. DICKY, "ANALISIS PENEMPATAN DAN KAPASITAS DISTRIBUTED GENERATION (DG) TERHADAP PROFIL TEGANGAN DAN RUGI DAYA PADA PENYULANG LIPAT KAIN-RIAU," UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU, 2020.
- [4] R. A. Ufa, Y. Y. Malkova, V. E. Rudnik, M. V Andreev, and V. A. Borisov, "A review on distributed generation impacts on electric power system," *Int. J. Hydrogen Energy*, 2022.
- [5] O. Krishan and S. Suhag, "An updated review of energy storage systems: Classification and applications in distributed generation power systems incorporating renewable energy resources," *Int. J. Energy Res.*, vol. 43, no. 12, pp. 6171–6210, 2019.
- [6] R. Kurniawan, A. Nasution, A. Hasibuan, M. Isa, M. Gard, and S. V. Bhunte, "The Effect of Distributed Generator Injection with Different Numbers of Units on Power Quality in the Electric Power System," *J. Renew. Energy, Electr. Comput. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 71–78, 2021.
- [7] B. H. Lubis, "Teknologi Smart Grid Untuk Penerapan Demand Side Management: Prospek Masa Depan di Indonesia," *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 5, no. 3, pp. 8092–8100, 2021.
- [8] A. Hasibuan, M. Isa, M. I. Yusoff, and S. R. A. Rahim, "Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Fast Decoupled Menggunakan Software Etap," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 37–45, 2020.
- [9] D. Nobertus, "PENGARUH JUMLAH SUDU TERHADAP KINERJA TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL TIPE DARRIEUS-H," *Saintek J. Sains dan Teknol.*, vol. 18, no. 1, pp. 55–69, 2020.
- [10] R. Firdaus and others, "The Effect of Alpha Angle Variation Sudu Rotor Blade On Wind Turbine Performance Using Blade NACA 0018," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 1, no. 2, 2021.
- [11] S. FIRDAUS, "STUDI KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI PADA PENYULANG DI KECAMATAN CISARUA KABUPATEN BOGOR," *J. Online Mhs. Bid. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, 2018.
- [12] J. E. Elektrik, "SIMULASI DAN ANALISA PEMASANGAN DISTRIBUTED GENERATION (DG) FUEL CELL DAN PENGARUHNYA TERHADAP INTERKONEKSI SISTEM DISTRIBUSI," vol. 9, pp. 24–32, 2020.
- [13] M. P. Adhan Efendi, S. K. Rosiah, M. P. Susilawati, A. Nuraeni, W. Noviansyah, and

- others, *Dasar-Dasar Menulis Karya Tulis Ilmiah*. Deepublish, 2021.
- [14] M. A. Zakariah, V. Afriani, and K. H. M. Zakariah, *METODOLOGI PENELITIAN KUALITATIF, KUANTITATIF, ACTION RESEARCH, RESEARCH AND DEVELOPMENT (R n D)*. Yayasan Pondok Pesantren Al Mawaddah Warrahmah Kolaka, 2020.