

Interkoneksi PLTMH dan Rekonfigurasi Jaringan Terhadap Profil Tegangan dan Rugi Daya Sistem Manokwari

Elias Kondorura Bawan¹ dan Cahyo JRD Burami²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Papua, Indonesia

e.bawan@unipa.ac.id, cahyoburami@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini fokus pada investasi pengaruh interkoneksi PLTMH dan rekonfigurasi jaringan di Manokwari terhadap profil tegangan dan rugi-rugi saat luar waktu beban puncak (LWBP) dan saat waktu beban puncak (WBP). Hasil pengujian menunjukkan bahwa interkoneksi PLTMH memperbaiki profil tegangan dan rugi daya pada penyulang lokasi interkoneksi (Maleo), namun berpengaruh kecil terhadap penyulang lainnya. Pada penyulang Maleo dan Nuri, profil tegangan sistem 20 kV Manokwari tanpa PLTMH menghasilkan *drop* tegangan terbesar. Penyulang Maleo menghasilkan *drop* tegangan sebesar 18,40% saat LWBP dan 25,86% saat WBP, sedangkan penyulang Nuri sebesar 6,61% saat LWBP dan 7,78% saat WBP. Interkoneksi PLTMH pada penyulang Maleo berpengaruh besar terhadap profil tegangan dengan *drop* tegangan sebesar 5,53% saat LWBP dan 8,83% saat WBP, sedangkan penyulang lainnya berkisar 1,48 - 6,31% saat LWBP dan 2,24 - 7,35% saat WBP. Rekonfigurasi jaringan menghasilkan *drop* tegangan sebesar 5,52% saat LWBP dan 8,69% saat WBP. Rugi daya sistem tanpa interkoneksi PLTMH ditemukan pada penyulang Maleo sebesar 324,198 kW saat LWBP dan 605,565 kW saat WBP. Interkoneksi PLTMH menyebabkan penurunan rugi daya terbesar pada penyulang maleo sebesar 92,031 kW saat LWBP sedangkan saat WBP sebesar 178,261 kW. Setelah rekonfigurasi jaringan rugi daya juga mengalami perbaikan sebesar 90,819 kW saat LWBP dan 171,49 kW saat WBP.

Kata kunci: PLTMH, interkoneksi, rekonfigurasi, profil tegangan, rugi daya

Abstract

This research focused on investigating the influence of MHP interconnection and network reconfiguration at Manokwari on the voltage profile and losses during peak load time (LWBP) and during peak load time (WBP). The test results showed that the MHP interconnection improved the voltage and power loss profiles of interconnecting feeders (Maleo feeders), but had little effect on other feeders. In Maleo and Nuri feeders, the highest voltage drop was achieved at the voltage profile of the 20 kV Manokwari system without PLTMH. The Maleo feeder produced a voltage drop of 18.40% at LWBP and 25.86% at WBP, while the Nuri feeder was 6.61% at LWBP and 7.78% at WBP. The interconnection of MHP on Maleo feeders gave a significant effect on the voltage profile with a voltage drop of 5.53% at LWBP and 8.83% at WBP, while the other feeders were in the range of 1.48 - 6.31% at LWBP and 2.24 - 7.35% at WBP. The network reconfiguration produced a voltage drop of 5.52% at LWBP and 8.69% at WBP. The system power loss without PLTMH interconnection was found in Maleo feeders of 324,198 kW at LWBP and 605,565 kW at WBP. The interconnection of the MHP contributed to highest reduction in power loss of Maleo feeders by 92.031 kW at LWBP and 178.261 kW at WBP. After the network reconfiguration, the power loss was improved to 90.819 kW at LWBP and 171.49 kW at WBP.

Keywords: MHP, interconnection, reconfiguration, voltage profile, power loss

1. Pendahuluan

Terdapat 262 desa yang belum terjangkau oleh listrik di Papua Barat, sedangkan potensi energi air, panas bumi dan surya yang cukup besar di Provinsi Papua Barat juga belum dimanfaatkan secara maksimal untuk pemenuhan kebutuhan listrik. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral RI (2017) menyatakan bahwa rasio elektrifikasi Papua Barat sebesar 82,7% dan rasio elektrifikasi listrik desa sebesar 83,28%. Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) pada suatu daerah terutama di provinsi Papua Barat jumlahnya berbeda dengan daerah yang di sekitarnya yang potensinya dipengaruhi oleh kondisi geografis provinsi Papua Barat sebagai daerah berkepulauan. Disparitas harga energi yang sangat tinggi antara EBT menyebabkan pengembangan dan pemanfaatan EBT menjadi kendala yang mengakibatkan ketergantungan pada energi fosil.

Info Makalah:

Dikirim : 02-28-19;
Revisi 1 : 04-01-19;
Revisi 2 : 04-10-19;
Diterima : 05-21-19.

Penulis Korespondensi:

Telp : -
e-mail : e.bawan@unipa.ac.id

Definisi tentang *distributed generation* (DG) dalam beberapa literatur berbeda satu dengan yang lain berdasarkan sudut pandang dan aplikasi. Pada umumnya peneliti mendefinisikan DG berdasarkan kapasitas, jenis sumber energi, tujuan, lokasi, dan teknologi oleh Mithulanathan, N., Oo Than and Phu, V.L., (2004). Rugi daya dan profil tegangan saluran dipengaruhi oleh pemasangan pembangkit tersebar (*distributed generation*), semakin jauh dari lokasi sumber maka rugi daya semakin kecil dan semakin besar kapasitas injeksi DG maka rugi daya juga semakin kecil. Bawan (2011) menyatakan

penghematan konsumsi energi per bulan sebesar 140,76 kWh. Profil tegangan akan semakin baik jika pemasangan DG pada lokasi 85% panjang jaringan yaitu dapat menurunkan tegangan sebesar 5,32%.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam studi kelayakan penyambungan PLTMH dalam sistem distribusi antara lain pengaruh besaran daya yang diinjeksikan, permasalahan aliran daya balik dari sistem, batas kemampuan hantar arus (KHA) konduktor pada jaringan, perubahan tegangan pada titik sambungan dengan melihat drop tegangan, susut daya dan batas kapasitas hubung singkat. Suyuti (2018) menyatakan penyambungan PLTM 10 MW ke sistem Bulukumba menyebabkan tegangan sistem meningkat, akan tetapi menaikkan tegangan disekitar pembangkit PLTM 10 MW yaitu melebihi standar maksimum yaitu +5% (21 kV). SPLN No.72 (1987) menyebutkan bahwa standar drop tegangan jaringan tegangan menengah dan jaringan tegangan rendah adalah 2% dari tegangan kerja sistem.

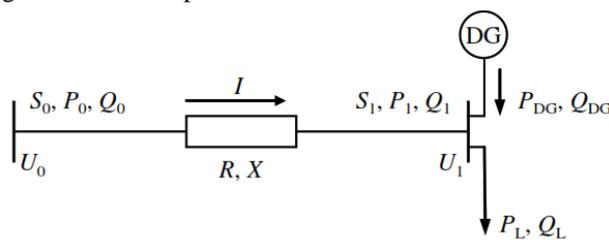
Rekonfigurasi jaringan sistem distribusi bisa dilaksanakan dengan berbagai metode antara lain *Quadratic Programming, Voltage and Loss Indices, Artificial Intelligence, Loss Charge estimation dan Sequential Switch Opening*. Dari berbagai metode tersebut sangat sulit untuk memilih salah satu metode yang tepat dengan berbagai persyaratan seperti efisiensi perhitungan dan kendala operasi oleh Ramesh L dkk (2009).

Ganesh. Vulasala dkk (2009) melakukan penelitian bahwa pendekatan efisien untuk mengurangi rugi-rugi dan meningkatkan profil tegangan dalam system distribusi tidak seimbang adalah dengan melakukan rekonfigurasi feeder dengan berdasarkan algoritma genetika. Perhitungan aliran daya system distribusi tidak seimbang dilakukan dengan dua algoritma. Algoritma mundur adalah dimaksudkan untuk meng-update arus cabang disetiap titik dengan mempertimbangkan tegangan iterasi sebelumnya disetiap titik sedangkan algoritma maju bertujuan untuk menghitung tegangan disetiap titik mulai dari titik sumber, perhitungan ini dilakukan sampai tegangan pada setiap pada setiap bus berada dalam limit yang ditentukan. Tanjung, A. dkk (2007) menjelaskan bahwa rekonfigurasi jaringan (*network reconfiguration*) merupakan suatu usaha mengubah bentuk konfigurasi jaringan distribusi dengan mengoperasikan pensakelaran terkontrol jarak jauh (*switching remotely controlled*) pada jaringan distribusi tanpa menimbulkan akibat yang berisiko pada operasi dan bentuk sistem jaringan distribusi secara keseluruhan. Rekonfigurasi secara normal dapat dilakukan dengan dua alasan antara lain mengurangi rugi daya pada saluran (*loss reduction*) dan mendapatkan pembebanan yang seimbang untuk mencegah pembebanan yang berlebih pada jaringan (*load balancing*).

Rekonfigurasi jaringan dapat meningkatkan arus cabang di beberapa jaringan dan juga menurunkan aliran arus pada jaringan lainnya, sehingga dengan logika ini maka rekonfigurasi jaringan dapat menurunkan rugi daya. Rugthaicharoencheep dkk (2009) menyatakan penurunan bisa mencapai 54-58% dengan menggunakan metode Tabu Search.

2. Metode

Perhitungan profil tegangan tanpa pemasangan DG seperti pada persamaan (1). Peningkatan profil tegangan pada jaringan dapat dipengaruhi oleh dua faktor antara lain pemasangan DG dan penambahan kapasitas DG pun akan meningkatkan profil tegangan berdasarkan persamaan 2.



Gambar 1. Penyulang Dengan Satu Beban dan Satu DG Pada Ujung Penyulang

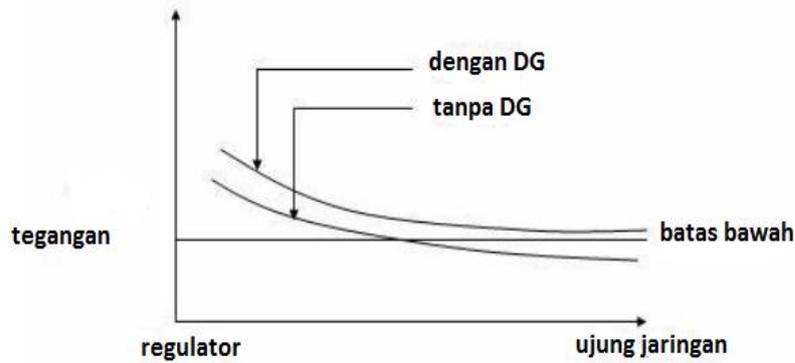
$$\Delta U \approx \frac{RP_1 + XQ_1}{U_1} \tag{1}$$

$$\Delta U \approx \frac{RP_1 + XQ_1}{U_1} = \frac{R(P_L - P_{DG}) + X(Q_L - Q_{DG})}{U_1} \tag{2}$$

dimana:

S	:	Daya Semu (MVA)	X	:	Reaktansi (ohm)
P	:	Daya Aktif (MW)	U	:	Profil Tegangan
Q	:	Daya Reaktif (MVar)	DG	:	Distributed Generation

R : Hambatan (ohm)



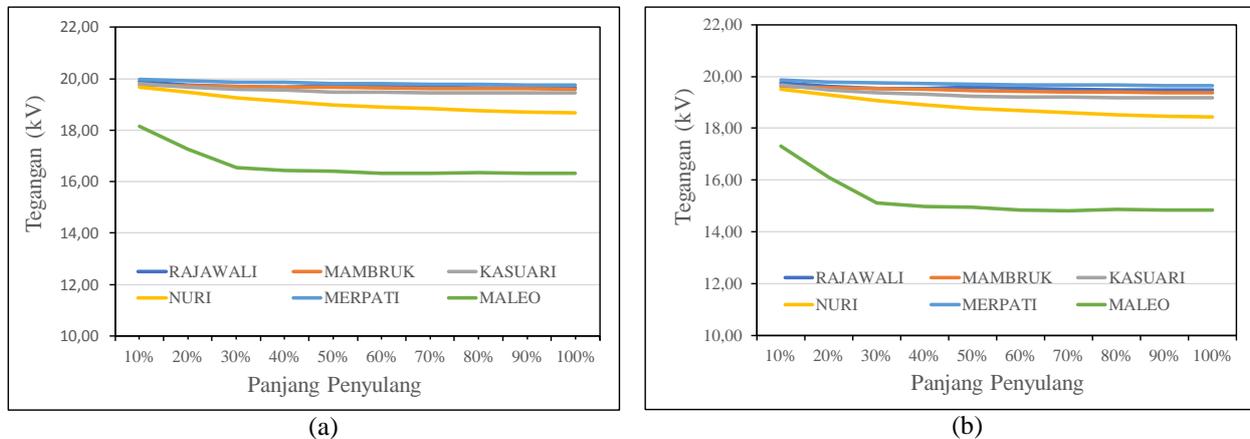
Gambar 2. Pengaruh DG Terhadap Profil Tegangan (Angelopoulos, 2004)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Profil Tegangan Pada LWBP dan WBP Tanpa PLTMH

Pada saat LWBP tanpa PLTMH penyulang Rajawali, Mambruk, Kasuari, Merpati memiliki profil tegangan yang masih dalam standar, artinya penyulang-penyulang tersebut tidak memiliki *drop* tegangan yang terlalu besar dan melebihi standar *drop* tegangan. Disisi lain terjadi penurunan tegangan pada penyulang Nuri dan Maleo. Penyulang Maleo mengalami penurunan cukup besar yang disebabkan oleh karena panjang jaringan yang cukup jauh.

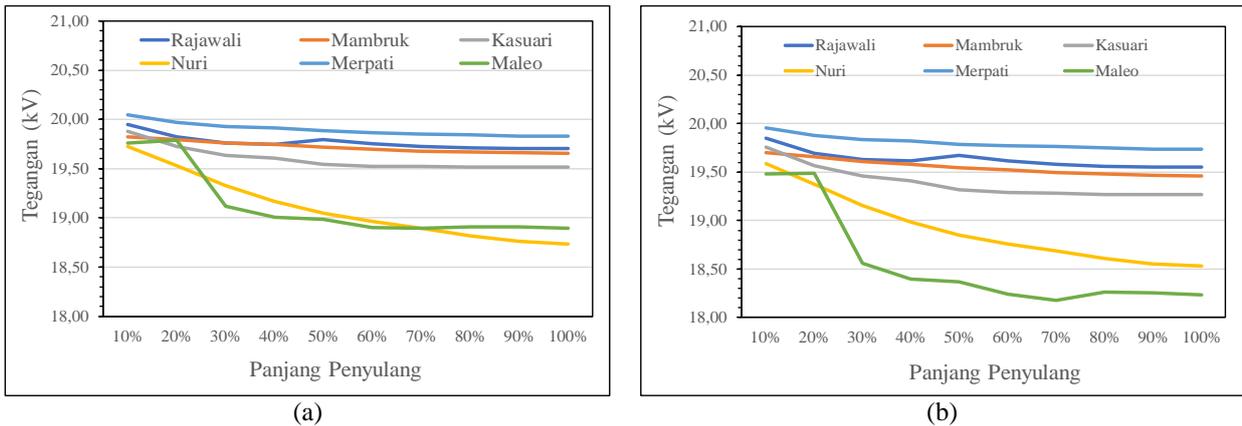
Pada saat WBP tanpa PLTMH memiliki penurunan tegangan yang lebih besar dibandingkan dengan saat LWBP hal ini disebabkan karena meningkatnya beban pada sistem saat WBP sehingga arus beban yang mengalir juga meningkat dan menyebabkan *drop* tegangan juga meningkat. Profil tegangan pada saat WBP memiliki pola yang sama dengan saat LWBP namun memiliki nilai penurunan yang lebih besar seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Profil Tegangan Tanpa PLTMH: (a) Waktu Luar Beban Puncak dan (b) Waktu Beban Puncak.

3.2 Profil Tegangan Pada LWBP dan WBP Terhubung PLTMH

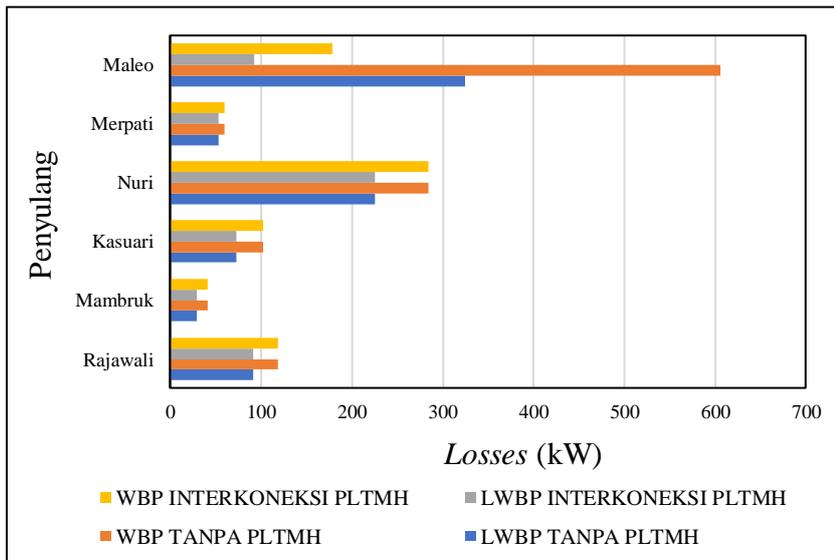
Gambar 4.a menunjukkan profil tegangan cenderung hanya mempengaruhi penyulang yang terhubung PLTMH. Jatuh tegangan terbesar terjadi pada penyulang maleo, setelah interkoneksi dilakukan besar *drop* tegangan pada penyulang maleo berkurang sangat besar namun besar *drop* tegangan yang terjadi pada penyulang maleo masih tergolong sangat besar. *Drop* tegangan terbesar pada penyulang Maleo dan Nuri. Empat penyulang lainnya yaitu penyulang rajawali, Kasuari, Merpati dan mambruk juga mengalami penurunan tetapi belum keluar dari nilai standar seperti yang ditunjukkan pada gambar 4b.



Gambar 4. Profil Tegangan Terhubung PLTMH: (a) Waktu luar beban puncak dan (b) Waktu beban puncak

3.3 Rugi Daya LWBP dan WBP tanpa PLTMH

Rugi daya merupakan daya yang berkurang saat penyaluran energi listrik karena daya yang dikirim dikonversikan menjadi energi lain dalam bentuk panas oleh penghantar. Rugi daya yang terjadi pada sistem 20 kV Manokwari memiliki nilai yang bervariasi, seperti yang tampak pada Gambar 5. Rugi daya terbesar terdapat pada penyulang nuri dan penyulang Maleo, besar rugi daya ini terjadi karena jarak penyulang yang sangat panjang. Penyulang Maleo dan penyulang Nuri merupakan penyulang yang padat beban sehingga arus beban yang mengalir pada penyulang Nuri dan Maleo sangat besar sehingga menimbulkan rugi daya yang besar juga.



Gambar 5. Rugi Daya Tanpa dan Terhubung PLTMH

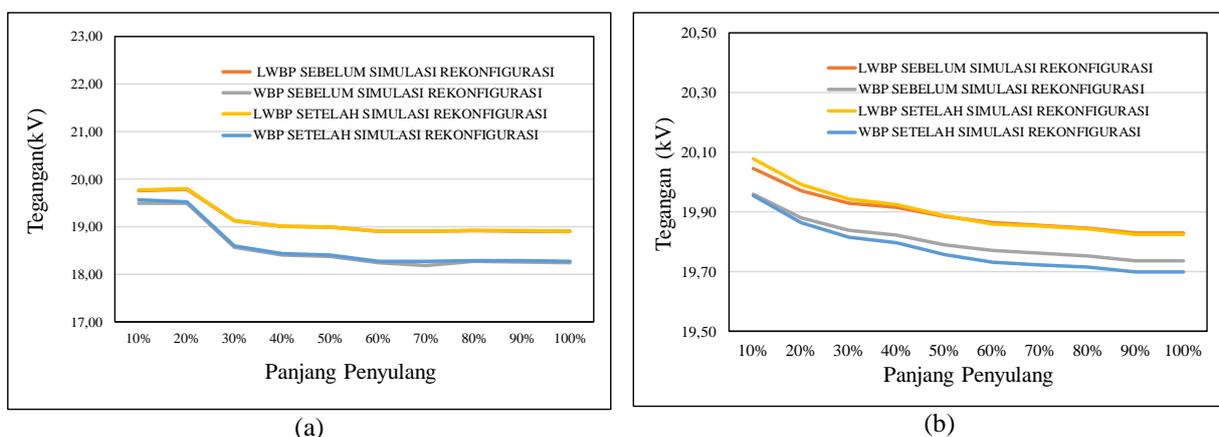
Tabel 1 menunjukkan saat tanpa interkoneksi PLTMH rugi daya pada penyulang Maleo saat LWBP sebesar 324,198 kW dan setelah interkoneksi rugi daya menjadi 99,031kW ini menunjukkan bahwa interkoneksi PLTMH telah menurunkan rugi daya sebesar 225,167 kW pada penyulang Maleo saat LWBP. Untuk saat WBP rugi daya yang terjadi setelah interkoneksi PLTMH mengalami penurunan sebesar 427,304 kW, dimana tanpa PLTMH rugi daya sebesar 605,565 kW dan setelah interkoneksi menjadi 178,261 kW. Rugi daya yang berkurang tersebut terjadi karena pada penyulang Maleo sebagian besar beban telah disuplai oleh PLTMH Prafi.

Tabel 1. Rugi Daya Sistem 20 kV Manokwari

Penyulang	Rugi Daya (kW)			
	Tanpa PLTMH		Terhubung PLTMH	
	LWBP	WBP	LWBP	WBP
Rajawali	91,15	118,584	91,108	118,512
Mambruk	29,479	40,669	29,385	40,47
Kasuari	72,999	102,472	72,785	102,065
Nuri	225,292	284,684	224,871	283,892
Merpati	52,914	59,217	52,783	59,008
Maleo	324,198	605,565	92,031	178,261
Pembangkitan	189,558	242,259	175,362	224,969
TOTAL	985,59	1453,45	738,325	1007,177

3.4 Profil Tegangan Setelah Rekonfigurasi Jaringan

Simulasi rekonfigurasi penyulang dilakukan dengan menghubungkan penyulang yang memiliki *drop* tegangan terbesar dan penyulang yang memiliki *drop* tegangan paling kecil untuk memecah beban atau membagi beban sehingga beban dilayani oleh dua penyulang. Dari hasil analisa profil tegangan didapat bahwa penyulang Maleo memiliki *drop* tegangan yang sangat besar dan *drop* tegangan yang paling kecil terjadi pada penyulang Merpati. Oleh karena itu, simulasi rekonfigurasi penyulang dilakukan dengan menghubungkan penyulang Merpati dan Maleo (Gambar 6). Dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan pada profil tegangan. Perubahan profil tegangan sangat kecil oleh karena titik rekonfigurasi penyulang Merpati dan penyulang Maleo pada 13,25km penyulang Maleo (10% panjang penyulang). Pada penyulang merpati *drop* tegangan yang terjadi semakin bertambah namun kenaikan *drop* tegangan tersebut tidak terlalu besar. Kenaikan *drop* tegangan pada penyulang merpati terjadi karena saat dilakukannya simulasi rekonfigurasi terhadap penyulang Maleo beban yang dilayani oleh penyulang Maleo akan dilayani juga oleh penyulang merpati sehingga arus beban yang besar dari penyulang Maleo mengalir pada penyulang Merpati yang menyebabkan *drop* tegangan pada penyulang merpati meningkat.



Gambar 6. Profil Tegangan Setelah Simulasi Rekonfigurasi: (a) Penyulang Maleo dan (b) Penyulang Merpati

3.5 Rugi Daya Setelah Rekonfigurasi Jaringan

Rugi daya yang terjadi pada penyulang maleo setelah rekonfigurasi mengalami penurunan tetapi pada penyulang merpati mengalami peningkatan hal ini terjadi karena pemindahan beban yang terjadi saat rekonfigurasi. Rugi daya pada penyulang maleo dan penyulang nuri setelah rekonfigurasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rugi daya pada penyulang Merpati dan Maleo setelah simulasi rekonfigurasi

Penyulang	Losses (kW)			
	Sebelum Rekonfigurasi		Setelah Rekonfigurasi	
	LWBP	WBP	LWBP	WBP
Merpati	52,783	59,008	54,276	66,151
Maleo	92,031	178,261	90,819	171,49

Tabel 3. Perbandingan rugi daya metode rekonfigurasi dan interkoneksi PLTMH

Penyulang	Rekonfigurasi				Interkoneksi			
	Sebelum		Sesudah		Tanpa		Terhubung PLTMH	
	LWBP	WBP	LWBP	WBP	LWBP	WBP	LWBP	WBP
Merpati	52.783	59.008	54.276	66.151	52.914	59.217	52.783	59.008
Maleo	92.031	178.261	90.819	171.49	324.198	605.565	92.031	178.261

Kesimpulan

Hasil analisa menunjukkan bahwa Sistem 20 kV Manokwari tanpa PLTMH memiliki *drop* tegangan terbesar pada penyulang Maleo sebesar 18,40% saat LWBP dan 25,86% saat WBP dan terkecil pada penyulang Nuri sebesar 6,61% saat LWBP dan 7,78% saat WBP. Interkoneksi PLTMH mampu memperbaiki jatuh tegangan penyulang Maleo menjadi 5,53% saat LWBP dan 8,83% saat WBP. Rugi daya sistem 20 kV Manokwari tanpa PLTMH adalah 985,59 kW saat LWBP dan 1453,45 kW saat WBP. Rugi daya pada penyulang Maleo sebesar 324,198 kW pada LWBP dan 605,565 kW saat WBP. Interkoneksi PLTMH mampu menurunkan rugi daya menjadi 738,34 kW dan LWBP dan 1007,18 kW. Rekonfigurasi jaringan mampu menurunkan *drop* tegangan menjadi 5,52% saat LWBP dan 8,69% saat WBP dan menurunkan rugi daya 90,819 kW saat LWBP dan 171,49 kW saat WBP. *Drop* tegangan penyulang Merpati sebelum rekonfigurasi sebesar 0,86% saat LWBP dan 1,32% saat WBP dan mengalami peningkatan setelah rekonfigurasi menjadi 0,88% saat LWBP dan 1,555% saat WBP hal yang sama bagi rugi daya sebelum simulasi rekonfigurasi 52,783 kW saat LWBP dan 59,008 kW saat WBP menjadi 54,276 kW saat LWBP dan 66,151 kW saat WBP.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. PLN (Persero) Cabang Manokwari dan PLTD Sanggeng Manokwari yang telah memberi dukungan pada penelitian ini. Penulis juga berterima kasih kepada bapak Ahmad atas diskusinya yang bermanfaat.

Daftar Pustaka

- Angelopoulos, K., (2004). Integration of Distributed Generation in Low Voltage Network: Power Quality and Economics, *University of Strathclyde in Glasgow Department of Mechanical Engineering*, Glasgow.
- Bawan, E. K., dan Hadi, I. S. P. (2011). Pengaruh Interkoneksi *Distributed Generation* Dalam Sistem Distribusi Tenaga Listrik Pt. Pln (Persero) Cabang Manokwari (Doctoral dissertation, [Yogyakarta]: Universitas Gadjah Mada).
- Vulasala, G., Sirigiri, S., & Thiruveedula, R. (2009). Feeder reconfiguration for loss reduction in unbalanced distribution system using genetic algorithm. *International Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 3(12), 754-762..
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2017). Bahan Sosialisasi Permen ESDM Nomor 38 Tahun 2016 tentang Percepatan Elektrifikasi di Pedesaan Belum Berkembang, Perbatasan dan Pulau Kecil Berpenduduk Melalui Pelaksanaan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Skala Kecil.
- Rao, K. V. P., dan Reddy, V. V. (2017). A Review On Distribution Feeder Reconfiguration Methods. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, 3(2), 192-195.
- Mithulanathan, N., dan Oo, T. (2004). Distributed Generator Placement in Power Distribution System Using Genetic Algorithm to Reduce Losses. *Science and Technology Asia*, 55-62.
- Ramesh, L., Chowdhury, S. P., Chowdhury, S., Natarajan, A. A., dan Gaunt, C. T. (2009). Minimization Of Power Loss in Distribution Networks By Different Techniques. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems Engineering*, 2(1), 1-6.

- Rugthaicharoencheep, N., dan Sirisumrannukul, S. (2009). Feeder Reconfiguration for Loss Reduction in Distribution System with Distributed Generators by Tabu Search. *GMSARN International Journal*, 3, 47-54.
- SPLN 72: Spesifikasi Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah, 1987, Departemen Pertambangan Dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara. Jakarta SPLN 72:1987. Spesifikasi desain untuk jaringan Tegangan Menengah dan Jaringan Tegangan Rendah.
- Suyuti, A., Muslimin, Z., dan Kitta, I. (2018). Efek Penyambungan PLTM 10 Mw terhadap Sistem Distribusi Listrik 20 KV di Bulukumba. *Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Sains dan Teknologi ke-4*, Vol. 4, 172-176
- T Tanjung, A., Penangsang, O., dan Suprijanto, A. (2007). Rekonfigurasi Sistem Distribusi Untuk Mengatasi Beban Lebih Dan Meminimalkan Rugi-Rugi Pada Jaringan Distribusi Menggunakan Metode Heuristik Algoritma. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI) 2007*, 23-25.