

ANALISIS PUSAT LISTRIK MINIHIRO (PLTM) STUDI KASUS : SALIDO KECIL PESISIR SELATAN SUMATERA BARAT

Rani Indriani¹⁾, Alfith^{2)*}

¹⁾Mahasiswa Teknologi Rekayasa Instalasi Listrik

²⁾Dosen Teknologi Rekayasa Instalasi Listrik

Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Padang

*Correspondent Author E-mail: alfith.st.tumangguang@gmail.com

Abstract

In this research, we used a variety of methods that can be applied to the PLTM Salido to address the very low voltage terminal problem of the generator. This is especially true in situations where peak loads occur, which requires these plants to be removed from the system. The power flow analysis is performed using the ETAP Power Station program to simulate the search for operating schemes that can fix the situation. The results of the analysis show that through the injection of reactive power from the generator to the PLN network and the optimization of the governor settings, PLTM Salido can generate more energy by supplying power to PLN networks, even under peak load conditions. This allows PLTM Salido to increase the amount of energy sent from the power plant to the South Coast distribution network. After optimization, the value increased to 14.06 MWh per day from the previous 10.64 MWh. By adding one more power plant unit, the energy supply of the PLTM salido could increase to 22 MWh a day.

Keywords : Voltage Drop, Reactive Power, Governor Settings, PLTM, Peak Load

Abstrak

Dalam penelitian ini, kami menggunakan berbagai metode yang dapat diterapkan pada PLTM Salido untuk mengatasi masalah tegangan terminal generator yang sangat rendah. Ini terutama berlaku dalam situasi di mana beban puncak terjadi, yang mengharuskan pembangkit ini dikeluarkan dari sistem. Analisis aliran daya dilakukan menggunakan program ETAP Power Station untuk simulasi pencarian skema operasi yang dapat memperbaiki keadaan tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa melalui injeksi daya reaktif dari generator ke jaringan PLN dan optimasi seting governor, PLTM Salido dapat menghasilkan lebih banyak energi dengan menyuplai daya ke jaringan PLN, bahkan dalam kondisi beban puncak. Ini memungkinkan PLTM Salido untuk meningkatkan jumlah energi yang dikirim dari pembangkit ke jaringan distribusi Pesisir Selatan. Setelah optimalisasi, nilainya meningkat menjadi 14,06 MWh per hari dari 10,64 MWh sebelumnya. Dengan menambah satu unit pembangkit lagi, suplai energi PLTM salido dapat meningkat sampai 22 MWh per hari.

Kata Kunci : Jatuh Tegangan, Daya Reaktif, Setting Governor, PLTM, Beban Puncak

1. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik skala kecil tersebar dari sumber energi terbarukan di Sumatera Barat memiliki potensi yang signifikan, tetapi hanya sekitar 44,3 MW yang telah dioperasikan [1]. Pembangkit listrik skala kecil tersebar ini diharapkan menjadi salah satu solusi untuk krisis energi listrik yang terjadi di Indonesia.

Salah satu pembangkit listrik di daerah Pesisir Selatan, Sumatera Barat, adalah Pembangkit Listrik Tenaga Minihydro (PLTM) Salido. PLTM ini memiliki dua generator, masing-masing 400 kVA, yang beroperasi dan telah terhubung ke sistem kelistrikan PLN pada jaringan distribusi saluran 20 KV. Karena lokasinya yang jauh dari pembangkit listrik, PLTM Salido diharapkan dapat membantu pasokan listrik di daerah Pesisir Selatan yang memang kekurangan listrik.

PLTM Salido menyuplai daya ke jaringan distribusi 20 KV PLN, dimana jaringan distribusi di daerah ini sudah lama memiliki masalah rendahnya tegangan akibat besarnya *voltage drop* yang terjadi di sepanjang saluran distribusi dan juga kurangnya pasokan daya reaktif yang cukup dekat dengan beban.

Dalam kondisi beban ringan pada sistem distribusi, PLTM Salido dapat menyuplai listrik ke jaringan PLN. Namun, dalam kondisi beban berat, yang biasanya terjadi antara pukul 17.00 dan 22.00, tegangan di jaringan distribusi menjadi sangat rendah, sehingga tegangan yang dirasakan oleh terminal generator PLTM Salido juga menjadi sangat rendah. Nilai tegangan yang sangat rendah ini lebih rendah dari batas tegangan yang dapat ditahan generator. Untuk menjaga keamanan pembangkit, pembangkit dikeluarkan dari sistem. Batasan tegangan terminal generator sinkron PLTM Salido adalah 80 % dari tegangan nominal 400 V, atau 320 V. Sementara itu, batasan arus stator maksimal adalah 577 A.

Karena rendahnya tegangan yang membatasi daya output generator, PLTM Salido tidak ideal untuk penyaluran daya. Ini terutama berlaku pada saat beban puncak, ketika PLTM tidak dapat mengirimkan daya ke jaringan karena beban tinggi. Namun, PLTM Salido memiliki kapasitas sumber daya air 3 x 330 kW yang dapat digunakan.[3]

2. METODOLOGI

Untuk menyelesaikan masalah PLTM Salido dan rekomendasi optimasi, metode penelitian menggunakan simulasi aliran daya software ETAP Power Station untuk melakukan injeksi daya aktif dan reaktif yang berbeda pada generator. Simulasi ini diharapkan dapat menghasilkan kondisi operasi terbaik untuk skema pembangkitan PLTM berdasarkan berbagai kondisi sistem dan daya keluaran PLTM.

Mungkin ada kekurangan daya reaktif di jaringan distribusi karena kondisi tegangan rendah dan jaringan ini jauh dari pembangkit besar. Karena kebutuhan daya reaktif yang meningkat seiring dengan beban, ada penurunan daya reaktif yang lebih besar. Menurut data yang dikumpulkan, PLTM Salido hanya mengirimkan daya aktif ke jaringan PLN dan tidak mengirimkan daya reaktif.

Berdasarkan data kondisi PLTM Salido, dibuat hipotesa bahwa jika PLTM Salido menyuplai daya reaktif ke jaringan PLN, tegangan di jaringan PLN dan tentunya juga di terminal generator PLTM harus meningkat. Berdasarkan hipotesa ini, sejumlah simulasi dilakukan untuk mengevaluasi skema pembangkitan daya aktif dan daya reaktif yang disuplai PLTM Salido ke jaringan. Selain itu, ditambahkan satu unit pembangkit tambahan ke jaringan untuk memaksimalkan potensi air yang ada.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penyaluran Daya PLTM Salido Kondisi Eksisting

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 1, dua generator PLTM Salido saat ini beroperasi dan terhubung ke saluran 20 kV feeder Bungus.

Tabel-2. Hasil Perhitungan Aliran Daya Sistem Distribusi Pesisir Selatan Waktu Beban Berat

Bus	Voltage			Generation		Motor Load		Static Load		
	ID	kV	%Mag	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar
*Bus1	20.000	104.000	0.0		11.269	9.794	0	0	0	0
Bus3	20.000	76.860	-10.0		0	0	0	0	0.000	-0.532
Bus4	20.000	75.178	-10.7		0	0	0.300	0.186	0.962	0.596
Bus5	20.000	72.671	-11.7		0	0	0.377	0.234	1.129	0.699
Bus6	20.000	65.401	-14.5		0	0	0.389	0.241	0.942	0.584
Bus7	20.000	64.756	-14.5		0	0	0	0	0	0
Bus8	20.000	64.779	-14.2		0	0	0.049	0.030	0.116	0.072
GH Painan	20.000	64.528	-14.6		0	0	0.177	0.110	0.417	0.258
GH Tel. Bayur	20.000	84.622	-6.6		0	0	1.038	0.643	4.212	2.610
unit 1	0.400	76.714	-11.7		0.260	0.000	0	0	0	0
unit 2	0.400	76.778	-11.3		0.300	0.000	0	0	0	0

* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)

Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Tabel 2 menunjukkan bahwa tegangan terminal unit 1 dan 2 PLTM Salido adalah hanya 76,7%, atau 307 V saat beban berat, sedangkan tabel 1 menunjukkan bahwa tegangan terminal unit 1 dan 2 adalah 85,9%, atau 344 V, yang merupakan nilai yang dapat diterima generator.

3.2 Optimasi Pembangkitan Daya PLTM Salido 2 unit generator

Selain itu, generator sinkron yang terhubung ke bus tak terbatas memiliki kemampuan untuk menyuplai daya reaktif ke sistem dengan menaikkan arus medan. Ini berarti mengubah faktor daya generator sinkron, karena generator yang terlalu aktif memiliki faktor daya leading, sehingga generator tersebut akan menyuplai daya reaktif ke sistem.

Kondisi akan dicapai dengan memperbaiki pola pembangkitan, di mana PLTM juga memberikan daya reaktif ke jaringan, seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel-3. Hasil Perhitungan Aliran Daya Sistem Distribusi Pesisir Selatan Waktu Beban Berat Dengan PLTM Salido Memberikan Daya Reaktif ke Sistem

Bus	Voltage			Generation		Motor Load		Static Load		
	ID	kV	%Mag	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar
*Bus1	20.000	104.000	0.0		11.374	9.508	0	0	0	0
Bus3	20.000	77.592	-10.3		0	0	0	0	0.000	-0.542
Bus4	20.000	75.986	-11.0		0	0	0.300	0.186	0.983	0.609
Bus5	20.000	73.638	-12.1		0	0	0.377	0.234	1.159	0.718
Bus6	20.000	67.228	-15.2		0	0	0.389	0.241	0.995	0.617
Bus7	20.000	66.867	-15.3		0	0	0	0	0	0
Bus8	20.000	67.238	-15.0		0	0	0.049	0.030	0.124	0.077
GH Painan	20.000	66.636	-15.5		0	0	0.177	0.110	0.445	0.276
GH Tel. Bayur	20.000	84.985	-6.8		0	0	1.038	0.643	4.248	2.633
unit 1	0.400	81.357	-12.6		0.293	0.141	0	0	0	0
unit 2	0.400	81.357	-12.6		0.293	0.141	0	0	0	0

Nilai tegangan di terminal generator unit 1 dan unit 2 meningkat dari sekitar 76,7% (tabel 2) menjadi 81,36% (tabel 3). Ini menunjukkan bahwa unit generator ini masih dapat menyuplai daya ke jaringan dalam kondisi beban berat.

3.3 Optimasi Pembangkitan Daya PLTM Salido 3 Unit Generator

Ada kemungkinan untuk menambah satu unit PLTM karena potensi energi air yang ada di PLTM Salido. Jika tiga unit PLTM juga memberikan daya ke PLN, ada dua skenario operasi yang mungkin:

- Tiga unit generator mensuplai daya reaktif ke sistem; atau
- Pembangkitan daya reaktif pada dua unit generator, tetapi satu unit generator tidak menyuplai daya reaktif.

Tabel 4 menggambarkan perbandingan hasil simulasi untuk masing-masing skenario pembangkitan tersebut.

Tabel 4 Perbandingan Hasil Aliran Daya untuk Skenario Pembangkitan 3 Unit Generator Kondisi Beban Berat

Skenario	Unit	Suplai MW	Suplai MVAR	V (%)
Skenario 1	1	0,302	0,146	84,288
	2	0,302	0,146	84,288
	3	0,302	0,146	84,288
Total Pembangkitan skenario 1		0,906	0,438	
Skenario 2	1	0,297	0,143	82,94
	2	0,297	0,143	82,94
	3	0,323	0	81,28
Total Pembangkitan skenario 2		0,917	0,286	

Seperti yang ditunjukkan dalam table 4, skenario 1 memiliki suplai daya reaktif yang lebih besar, yang menghasilkan profil tegangan yang lebih baik dari skenario 2. Namun, daya aktif total yang disuplai ke jaringan dalam skenario 1 lebih kecil dari skenario 2. Karena jumlah daya yang terjual (MW) dan jumlah daya yang dibeli PLN dari pembangkit tersebar (MWh/KWh), skenario 2 akan lebih disukai bagi pemilik PLTM. Dari sisi PLN sebagai pemilik jaringan, skenario 1 akan lebih disukai karena memberikan perbaikan yang lebih besar terhadap kondisi sistem (level tegangan).

3.4 Perhitungan Energi

Persamaan berikut menghasilkan energi untuk masing-masing unit generator:

$$E = P \times t \quad (1)$$

Dimana:

E = Energi listrik dalam kilowatt hour (kWh)

P = Daya listrik dalam kilowatt (kW)

t = waktu dalam jam (H), dihitung 24 jam/hari jika generator beroperasi penuh, dan 19 jam/hari jika generator dilepas pada beban puncak

sementara energi total dari pembangkitan dihitung:

$$E_{total} = E_{unit\ 1} + E_{unit\ 2} + E_{unit\ 3} \quad (2)$$

E_{total} = Energi total unit-unit yang beroperasi

Tabel 5 menunjukkan jumlah daya dan energi yang dihasilkan masing-masing generator setiap hari berdasarkan berbagai kondisi pembangkitan PLTM Salido yang sudah dibahas.

Tabel 5. Perbandingan Pembangkitan Generator PLTM

Perbandingan	Eksisting		Optimasi 2 Unit beroperasi		3 Unit beroperasi skenario 1			3 Unit beroperasi skenario 2		
	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Unit 1	Unit 2	Unit 3
Daya (kW)	260	300	293	293	302	302	302	297	297	323
Energi (kWh)	4940	5700	7032	7032	7248	7248	7248	7128	7128	7752
Total Energi perhari (MWh)	10,640		14,064		21,852			22,008		

3.5 Analisa Hasil

Karena generator tidak beroperasi pada beban puncak selama sekitar lima jam, tabel 5 menunjukkan bahwa energi yang disuplai ke jaringan pada kondisi saat ini sangat rendah. Karena tidak ada lagi pelepasan pembangkit dari jaringan setelah optimalisasi, yang mencakup membuat generator menghasilkan daya reaktif dan optimasi seting governor, jumlah energi yang dapat disuplai meningkat. Saat unit pembangkit menjadi tiga unit, jumlah energi yang disuplai PLTM meningkat.

4. KESIMPULAN

Pengoptimalan PLTM Salido dapat meningkatkan jumlah energi yang dikirim dari pembangkit ke jaringan distribusi Pesisir Selatan. Setelah optimasi, nilainya sebesar 14,06 MWh per hari, dibandingkan dengan sebelumnya sebesar 10,64 MWh per hari. Dengan menambah satu unit pembangkit lagi, suplai energi PLTM salido dapat meningkat sampai 22 MWh per hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://www.alpensteel.com/article/50-104-energi-sungai-pltmh-micro-hydro-power/1920-p-ltmh-dan-plts-menjadi-sumber-listrik-pedesaan.pdf>
- [2] Nazir, Refdinal & Ahmad Topan. "Analisis Manfaat Teknis Pengintegrasian PLTM Tersebar Pada Sistem Distribusi". Padang: Department of Electrical Engineering Faculty Andalas University
- [3] Winter Rainer and Ramaness Parasuraman.2008."Validation Report Salido Kecil Mini Hydropower Plant, Indonesia" TÜV NORD CERT GmbH JI/CDM Certification Program Langemarckstrasse 20 45141 Essen, Germany
- [4] Alfith, A. (2017). Optimalisasi ATS (Automatic Transfer Switch) pada Genset (Generator Set) 2800 Watt Berbasis TDR. *Institut Teknologi Padang. Hlm*, 226-232.
- [5] Alfith, A. (2015). Konfigurasi Battery Pada Pembangkit Renewable Energi. *Journal of Teknik Elektro ITP*, 4(1), 46-50.
- [6] Alfith, A., & Kartiria, K. (2019). Pengembangan Perancangan Smart Traffic Light Berbasis LDR Sensor Dan Timer Delay System. *Jurnal Teknik Elektro*, 8(1), 35-39.
- [7] ALFITH, Alfith; DIRNI, Randu Apriza. Internet Of Things (IoT) Sistem Pengendalian Lampu Jarak Jauh Menggunakan Nodemcu Amica CP2102 Berbasis Mobile. *Jurnal Teknik Elektro*, 2021, 10.2: 93-98.
- [8] ALFITH, Alfith. Perancangan Smart Traffic Light dengan Wireless Module. *Jurnal Teknik Elektro*, 2017, 6.1: 57-62.
- [9] ALFITH, Alfith; KARTIRIA, Kartiria. Development and Designing Smart Traffic Light with Xbee Pro. In: *MATEC Web of Conferences*. EDP Sciences, 2018. p. 01009.
- [10] Alfith, A. (2022). PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM PENGAMAN MENGGUNAKAN RFID YANG DIENSKRIPSI DAN TERMONITOR BERBASIS MICROCONTROLLER ARDUINO. *Ensiklopedia of Journal*, 5(3), 188-192.
- [11] Alfith, A., & Allatief, M. (2021). Perancangan Kontrol Smart Warehouse Berbasis PLC Siemens S7-1200 dengan Pantauan HMI. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 19-24.
- [12] Al, A., Premadi, A., Effendi, A., Alfith, A., Dasman, D., & Syofian, A. (2023). PENINGKATAN PERFORMANSI MANUEVER GERAKAN ROLL HEXACOPTER DENGAN METODA KENDALI PID ADAPTIF. *Jurnal Teknologi dan Vokasi*, 1(2), 75-82.
- [13] Almanda, D. and Kartono, R. (2012) 'Analisi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan Sistem Distribusi Air di P . T . Astra Honda Motor Plant 5 Karawang',3(1), pp. 1-8.
- [14] Dimiyati, A.M. (2003) 'Studi kelayakan potensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro di desa setren kecamatan slogoimo kabupaten wonogiri', *Emitor*, 15(02), pp. 1-10.
- [15] Dwiyanto, V., Indriana, D.K. and Tugiono, S. (2016) 'Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus: Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai)', *Jrsdd*, 4(3), pp. 407-422.
- [16] Efisiensi, A. *et al.* (2020) 'MIKROHIDRO MENGGUNAKAN HOMER (Studi Kasus PLTMH Parakandowo Kabupaten Pekalongan)', 1(2), pp. 34-38.
- [17] Fahrurrozi, M., Wicaksono, I. and Sunyoto, A. (2014) 'Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Microhydro Di Desa Sumber Poh Kecamatan Maron Kabupaten Probolinggo'.
- [18] Isnaeni, M.B.S. (2013) 'Evaluasi Kinerja IMAG pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Cokro Tulung Kabupaten Klaten', *JNTETI: Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi UGM*, 2(4), pp. 3-8.
- [19] Murni, S.S. and Suryanto, A. (2021) 'Analisis Efisiensi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Menggunakan HOMER (Studi Kasus PLTMH Parakandowo Kabupaten Pekalongan)', *Jurnal Listrik, Instrumentasi dan Elektronika Terapan (JuLIET)*, 1(2), pp.34-38. Available at: <https://doi.org/10.22146/juliet.v1i2.61282>.
- [20] Putra, Dian Kurnia, Alfith Alfith, and Amila Shaliha Rosa. "PERANCANGAN ALAT MONITORING SISTEM KERJA SOLAR PANEL BERBASIS IoT (INTERNET OF THINGS)." *Jurnal Teknologi dan Vokasi* 1.1 (2023): 12-20.

- [21] Nugroho, A. (2015) 'Daya Terserap Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro Karangtalun Yang Digabung Dengan Pt Pln (Persero) Rayon Boja Area Semarang', *Transmisi*, 17(1), pp. 30–34.
- [22] Nugroho, A., Yusuf, H.I. and Kwee, K.H. (2016) 'Evaluasi pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) kapasitas 40 kVA Desa Rirang Jati Kecamatan Nanga Taman Kabupaten Sekadau', *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 1(1), pp. 1–10.
- [23] Saleh, Z. (2013) 'Evaluasi Pengujian Parameter Listrik pada Pembangkit Listrik Berbasis Water Wheel Turbine', pp. 7–15.
- [24] Suhartono, B. (2018) 'Sistem Listrik Hibrid Dari Piko hidro yang Terhubung Jaringan PLN dengan Penyimpanan Energi pada Baterai', *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjung Pura*, 2(1).
- [25] Sutisna, E. and Paryatmo, W. (no date) 'SUNGAI CIASIHAN DI KABUPATEN BOGOR DENGAN PROGRAM SIMULASI CFD 10'.