

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/350833467>

PEMANFAATAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) PADA SISTEM KELISTRIKAN SULAWESI UTARA DAN GORONTALO

Article · April 2021

CITATIONS

0

READS

2,607

1 author:



[Daniel Rio Armanda](#)

Perusahaan Listrik Negara

19 PUBLICATIONS 2 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

PEMANFAATAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) PADA SISTEM KELISTRIKAN SULAWESI UTARA DAN GORONTALO

[Daniel Rio Armanda]

Institut Teknologi – PLN, Jakarta, Indonesia

Email: daniel2010033@itpln.ac.id

ABSTRAK

Tenaga surya sebagai salah satu sumber energi baru terbarukan (EBT) yang mulai dimanfaatkan oleh perusahaan pembangkit listrik swasta khususnya di provinsi Sulawesi Utara dan Gorontalo. Adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Likupang 15 MW yang dibangun di Likupang, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara dan PLTS Isimu 10 MW yang dibangun di Isimu, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo. Kedua PLTS ini berjenis PLTS *On-Grid* dan terinterkoneksi dengan sistem Sulawesi Utara dan Gorontalo (Sulutgo) yang mulai beroperasi secara komersil bertahap pada tahun 2019. PLTS jenis *On-Grid* yang dibangun ini tidak memiliki *storage battery* untuk menyimpan energi listrik, sehingga akan menimbulkan berbagai dampak pada kestabilan interkoneksi sistem Sulutgo.

Kata Kunci: PLTS; Likupang; Isimu; Sulutgo; PLTS On-Grid; storage battery; interkoneksi

ABSTRACT

Solar energy as a renewable energy source is starting to be utilized by private power plant companies, especially in the North Sulawesi provinces and the Gorontalo provinces. The Likupang Solar Power Plant 15 MW built in Likupang, North Minahasa Regency, North Sulawesi Province and the Isimu Solar Power Plant 10 MW which built in Isimu, Gorontalo Regency, Gorontalo Province. The both solar power plant are the *On-Grid* type and well interconnected with the North Sulawesi and Gorontalo (Sulutgo) electricity system which began operating commercially in stages in 2019. The *On-Grid* solar power plant type being built does not have a storage battery to store electrical energy, so it will causing various impacts on the stability of the Sulutgo system interconnection.

Keywords: Solar power plant; Likupang; Isimu; Sulutgo; on-grid solar power plant; storage battery; interconnection

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang berada di garis khatulistiwa yang dianugerahi potensi energi baru terbarukan (EBT) yang sangat berlimpah. Mulai dari sumber energi yang berasal dari laut, potensi panas bumi (*geothermal*) yang tersebar dari Sabang sampai Merauke, potensi *bioenergy*, energi yang dihasilkan dari angin/bayu, potensi energi *hydro*/air serta potensi energi dari cahaya matahari (tenaga surya).

Tabel 1. Kondisi energi baru terbarukan (EBT) di Indonesia

Sumber Energi	Potensi (GW)	Pemanfaatan (MW)	Persentase (%)
Laut	17,9	0	0
Geotermal/Panas Bumi	28,5	2130	7,5
Bioenergi	32,6	1.882,8	5,8
Angin/Bayu	60,6	154,3	0,3
Hidro/Air	75	5.885,5	7,9
Tenaga Surya	207,8	96,94	0,05

Sumber: Direktorat Jendral EBTKE Kementerian ESDM

Catatan: Mubarak, Husni PLTS atap on-grid dalam transformasi PLN

Dari tabel 1 di atas terlihat bahwa terdapat enam unsur energi baru terbarukan, yaitu laut, geotermal atau panas bumi, bioenergi, angin atau bayu, hidro atau air dan yang terakhir adalah tenaga surya. Potensi tenaga surya yang berada di Indonesia adalah sebesar 207,8 GW, sedangkan yang sudah dimanfaatkan diketahui sebesar 96,94 MWp atau baru sebesar 0,05% dari keseluruhan potensi yang ada.

Pemanfaatan potensi EBT ini diharapkan dapat terus meningkat tiap tahunnya agar penggunaan pembangkit listrik dari energi fosil atau termal (PLTU, PLTD, PLTG, PLTGU, PLTMG, dan lainnya) dapat dikurangi. Semangat penggunaan EBT ini agar dapat mengurangi emisi (gas CO₂, SO_x, NO_x dan lainnya) yang dihasilkan oleh pembangkit-pembangkit termal, seperti yang kita ketahui bersama bahwa emisi yang dihasilkan tersebut merupakan gas pembentuk efek rumah kaca yang dapat menimbulkan pemanasan global. Legino (2018) menyebutkan bahwa target bauran energi terbarukan secara nasional pada tahun 2025 adalah sebesar 23%.

Sebagai negara tropis dengan kondisi sinar matahari yang terus bersinar sepanjang tahun di berbagai wilayah, menjadikan Indonesia memiliki potensi besar bagi pengembangan PLTS. Potensi PLTS per wilayah di tunjukkan pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Potensi PLTS di Indonesia

No.	Provinsi	Potensi (MW)
1.	Kalimantan Barat	20.113
2.	Sumatera Selatan	17.233

3.	Kalimantan Timur	13.479
4.	Sumatera Utara	11.851
5.	Jawa Timur	10.335
6.	Nusa Tenggara Barat	9.931
7.	Jawa Barat	9.099
8.	Jambi	8.847
9.	Jawa Tengah	8.753
10.	Kalimantan Tengah	8.459
11.	Aceh	7.881
12.	Kepulauan Riau	7.763
13.	Sulawesi Selatan	7.588
14.	Nusa Tenggara Timur	7.272
15.	Papua Barat	6.307
16.	Sulawesi Tengah	6.187
17.	Kalimantan Selatan	6.031
18.	Sumatera Barat	5.898
19.	Kalimantan Utara	4.643
20.	Sulawesi Tenggara	3.917
21.	Bengkulu	3.475
22.	Maluku Utara	3.036
23.	Bangka Belitung	2.810
24.	Banten	2.461
25.	Lampung	2.238
26.	Sulawesi Utara	2.113
27.	Papua	2.035
28.	Maluku	2.020
29.	Sulawesi Barat	1.677
30.	Bali	1.254
31.	Gorontalo	1.218
32.	DI Yogyakarta	996
33.	Riau	753
34.	DKI Jakarta	225
	Total	207.898

Sumber: RUEN - Buku Laporan Neraca Energi Nasional 2019

Potensi tenaga surya Indonesia secara umum berada pada tingkat cukup, sehingga dapat dijadikan sebagai pedoman dalam menyusun perencanaan pembangunan sumber energi PLTS pada masa depan. Berdasarkan peta potensi, intensitas matahari terbesar ditemui di wilayah pesisir utara Banten, pesisir selatan Jawa Barat, wilayah utara Jawa Tengah, Nusa Tenggara dan Papua.

Namun secara teknis dan teoritis, wilayah yang mempunyai potensi terbesar ditemukan di wilayah Papua, Kalimantan Timur, Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah, namun secara umum potensi di setiap Provinsi relatif tinggi.

PEMANFAATAN TENAGA SURYA

Sesuai data dari Buku Laporan Neraca Energi Nasional, meskipun memiliki potensi besar, namun tenaga surya yang baru dimanfaatkan hingga saat ini masih jauh dari kategori optimal. Sebagian besar pemanfaatannya untuk melistriki daerah pedesaan dengan skala kecil yakni menggunakan *Solar Home System (SHS)*, dengan kapasitas berkisar antara 150-300 Wp. Perkembangan produksi listrik dari PLTS disajikan pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Produksi listrik PLTS *On-Grid* dan *Off-Grid*

Tahun	<i>On-Grid</i> (GWh)	<i>Off- Grid</i> (GWh)
2013	5,5	n/a
2014	6,8	n/a
2015	5,3	n/a
2016	21,1	n/a
2017	29,1	n/a
2018	20	70,5

Sumber : HEESI, 2018 – Buku Laporan Neraca Energi 2019

Rendahnya pemanfaatan tenaga surya dipengaruhi oleh beberapa faktor terutama terkait dengan sifat PLTS yang *intermiten*. PLTS mempunyai sifat khusus dibandingkan pembangkit lainnya yaitu pertama, sifat *intermiten* yang ditandai oleh frekuensi dan tegangan selalu berubah serta besar frekuensi sistem tergantung kondisi radiasi matahari. Dengan demikian, besarnya daya output PLTS tergantung radiasi matahari dan frekuensi sistem tergantung dari daya output PLTS. Sifat PLTS yang kedua adalah *non-dispatchable* artinya besarnya daya mampu tidak dapat diatur dan direncanakan sehingga kapasitas terpasang tidak dapat menjadi patokan.

PLTS skala besar biasanya akan diintegrasikan ke sistem grid, namun penetrasi PLTS masih tergantung oleh spinning reserve dari sistem sehingga secara umum maksimal kapasitas PLTS sebesar 10%-20% kapasitas sistem (kapasitas daya pada kondisi minimum). Selain itu, semua pembangkit perlu dilengkapi dengan *load sharing control* untuk mencegah batasan penetrasi tidak turun kurang dari 10%. Kendala penetrasi PLTS skala besar ke sistem *grid* antara lain adalah *weak grid*, khususnya di luar Jawa, karena itu perlu ditunjang oleh pembangkit kecil (hampir semua berupa genset) dan sistem *dispatching* yang dioperasikan secara manual, sehingga rentan terhadap perubahan frekuensi dan tegangan yang mendadak. Disamping itu, mayoritas pembangkit tidak dimiliki oleh PLN, sehingga terdapat kecenderungan pembangkit mengamankan diri masing-masing saat terjadi gangguan.

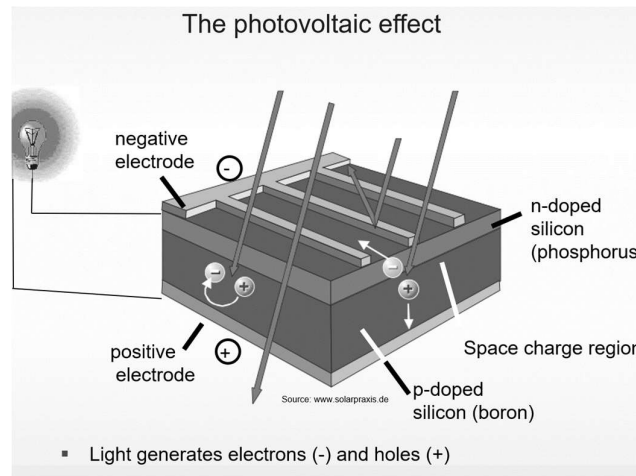
Selain masalah intermiten, pembangunan PLTS juga terkait masalah biaya investasi yang tinggi sehingga harga jual listrik ke PLN tidak ekonomis.

Untuk mendorong pemanfaatan tenaga surya, pada tahun 2019 Pemerintah telah menerbitkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 49 Tahun 2018 tentang Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap oleh Konsumen PT Perusahaan Listrik Negara (Persero). Aturan ini dimaksudkan untuk membuka peluang bagi seluruh konsumen PT PLN (Persero) baik dari sektor rumah tangga, bisnis, Pemerintah, sosial maupun industri untuk berperan serta dalam pemanfaatan dan pengelolaan energi terbarukan untuk mencapai ketahanan dan kemandirian energi, khususnya energi surya. Dengan adanya regulasi ini, konsumen yang memiliki PLTS Atap dapat menjual kelebihan listrik yang diproduksinya ke PLN minimal 65% dari kapasitas terpasang.

SEKILAS TENTANG PLTS

PLTS merupakan pembangkit listrik yang mengubah energi surya atau cahaya matahari menjadi energi listrik melalui teknologi sel surya (*PhotoVoltaic*). Pada umumnya pembangkitan listrik dengan menangkap cahaya matahari ini bisa dilakukan dengan 2 cara, yaitu secara langsung menggunakan fotovoltaik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energi surya. Dalam Wikipedia, disebutkan bahwa fotovoltaik pada prinsipnya mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek fotoelektrik.

Sel surya dibuat pertama kali pada tahun 1880 oleh *Charles Fritts*. Prinsip kerjanya adalah memanfaatkan beda potensial atau tegangan akibat fotoelektrik untuk menghasilkan listrik. Sel surya yang disusun dalam sebuah rangkaian inilah Solar panel (kumpulan dari sel surya) terdiri dari 3 lapisan, yaitu lapisan panel P di bagian atas, lapisan pembatas di tengah dan lapisan panel N di bagian bawah. Efek fotoelektrik ada dimana sinar matahari menyebabkan electron di lapisan panel P terlepas sehingga hal ini menimbulkan aliran proton dari lapisan panel N di bagian bawah dan perpindahan arus proton ini adalah arus listrik. Solar panel ini disusun dan dirangkai secara seri dan atau parallel untuk membangun sebuah pembangkit listrik tenaga surya.



Sumber: Presentasi *PV Fundamental Indonesia – Asia Pacific Energy Group*

Gambar 1. Proses pembentukan energi listrik pada sel surya (*photovoltaic*)

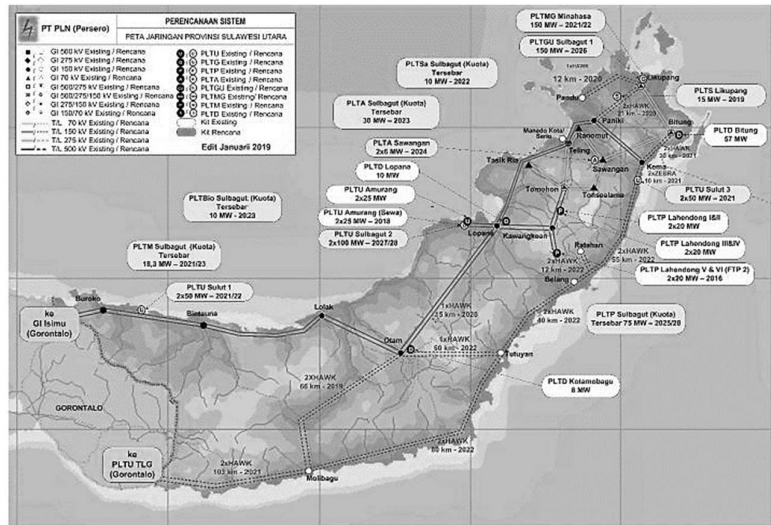
Apabila dilihat dari sisi penggunaan, terdapat tiga jenis PLTS, yaitu PLTS *Off-Grid*, PLTS *On-Grid* dan PLTS *Hybrid*. Dari ketiga jenis tersebut dapat dilihat perbedaannya pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. Jenis-jenis PLTS

	PLTS		
	Off-Grid	On Grid	Hybrid
Deskripsi	Sistem PLTS yang output daya listriknya secara mandiri menyuplai listrik ke jaringan distribusi pelanggan atau tidak	Dapat beroperasi tanpa baterai, karena output listriknya terinterkoneksi atau disalurkan ke jaringan distribusi atau sistem	Merupakan gabungan dari sistem PLTS <i>off-grid</i> dan <i>on-grid</i> . PLTS <i>hybrid</i> dapat melepaskan diri dari sistem sesuai

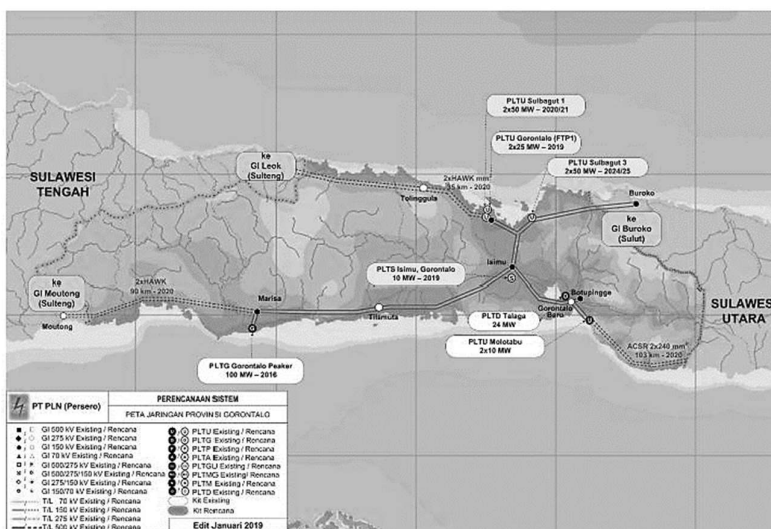
Kondisi kelistrikan sistem Sulawesi Utara dan Gorontalo saat ini ditopang oleh beberapa pembangkit, diantaranya PLTU, PLTA, PLTP, MVPP (*Marine Vessel Power Plant*), PLTM/PLTMH, PLTG/PLTMG dan beberapa PLTD yang semuanya terinterkoneksi dalam jaringan sistem 70 kV dan 150 kV, hal ini dapat dilihat dalam *single line diagram* pada gambar 2 di atas.

Di tahun 2019, ada dua pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang beroperasi secara komersil (COD) di dalam sistem kelistrikan Sulawesi Utara dan Gorontalo (Sulutgo), yaitu PLTS Likupang 15 MW dan PLTS Isimu 10 MW. Kedua PLTS ini terinterkoneksi dengan sistem dan berjenis PLTS *On-Grid*, yang notabene nya **tidak mempunyai storage (baterai)** untuk menyimpan tenaga listrik yang akan diproduksi dan beroperasi pada siang hari.



Sumber: Data perencanaan umum PLN UIP Sulawesi Bagian Utara bulan Januari 2019.

Gambar 3. Lokasi PLTS Likupang 15 MW di Provinsi Sulawesi Utara



Sumber: Data perencanaan umum PLN UIP Sulawesi Bagian Utara bulan Januari 2019.

Gambar 4. Lokasi PLTS Isimu 10 MW di Provinsi Gorontalo

PLTS Likupang 15 MW yang berada di Likupang, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara memiliki luas area $\pm 21,5$ Ha, dengan panjang rentang sisi PLTS sejauh 466 m. Lokasi PLTS Likupang 15 MW dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 5.



Sumber: Wikipedia.

Gambar 5. PLTS Likupang 15 MW dari tampak atas

Sedangkan PLTS Isimu 10 MW yang berada di Isimu, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo memiliki luas area $\pm 14,5$ Ha, dengan panjang rentang sisi PLTS sejauh 380 m. Lokasi PLTS Isimu 10 MW dapat dilihat pada gambar 4 dan gambar 6.



Sumber: Wikipedia.

Gambar 6. PLTS Isimu 10 MW dari tampak atas

METODE PENELITIAN

Untuk memonitor dampak sistem terkait masuknya PLTS Likupang 15 MW dan PLTS Isimu 10 MW pada sistem Sulutgo, dilakukan studi untuk mengkaji keandalan sistem tersebut. Dalam pengkajian ini, diambil beberapa asumsi, yaitu:

1. Pemodelan sistem Sulutgo tahun 2019 yang dilakukan dengan software *DigSilent Power Factory* berdasarkan kondisi eksisting.
2. Studi dilakukan pada kondisi jam operasi PLTS, yaitu kondisi beban puncak siang, yang diketahui sebesar 317 MW.
3. Komposisi bauran energi pembangkit menggunakan data rencana operasi bulanan (ROB) Sistem Sulutgo PLN UP2B Minahasa di bulan Mei 2019.

Kemudian, terdapat skenario studi yang diuji, yaitu:

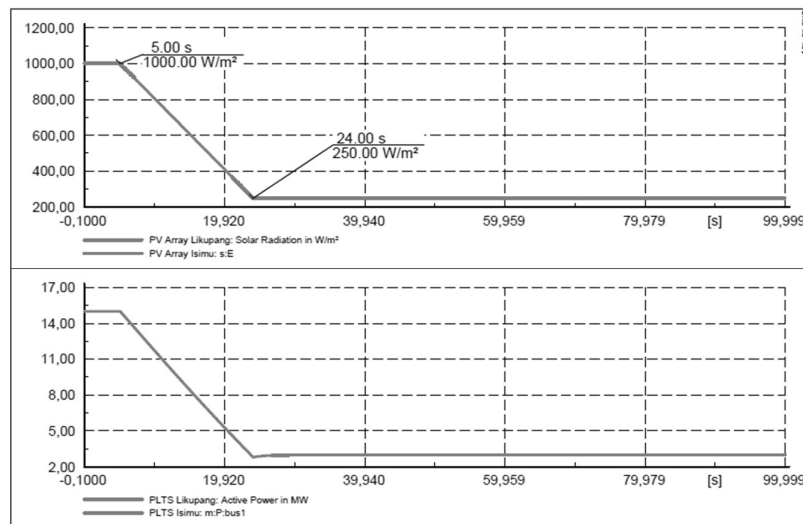
1. Kondisi sistem sebelum interkoneksi PLTS Likupang dan PLTS Isimu.
2. Kondisi sistem setelah interkoneksi PLTS Likupang saja.
3. Kondisi sistem setelah interkoneksi PLTS Isimu saja.
4. Kondisi sistem setelah PLTS Likupang dan PLTS Isimu interkoneksi bersamaan.

Komposisi pengoperasian pembangkit diatur dengan mempertimbangkan aspek ekonomis dari pola operasi pembangkit berdasarkan *merit order* atau urutan pengoperasian sistem tenaga listrik sesuai informasi dari PLN UP2B (Unit Pelaksana Pengatur Beban) Minahasa.

Selain dari pengamatan dari segi operasional, dilakukan pula pengamatan dari segi dampak lingkungan dalam pembangunan PLTS Likupang 15 MW dan PLTS Isimu 10 MW. Pemanfaatan area/lahan PLTS secara tidak langsung akan mempengaruhi lingkungan di sekitar. Dalam hal ini, PLTS diketahui merupakan pembangkit listrik yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi/gas buang.

HASIL PENGAMATAN PLTS LIKUPANG 15 MW

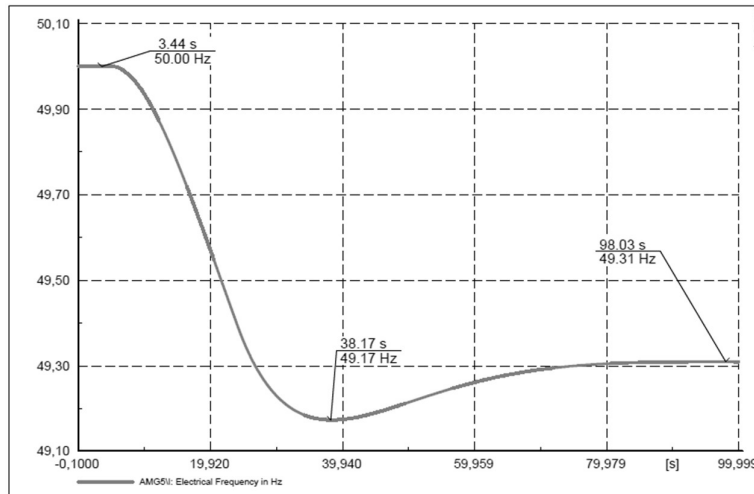
Pada tahap awal, studi dilakukan dengan melakukan pengamatan pengaruh perubahan pergerakan awan terhadap kemampuan operasi PLTS. Hasil pengamatan dapat dilihat pada grafik gambar 7 di bawah ini.



Sumber: Kajian dampak sistem terkait pengujian/operasi PLTS Likupang 15 MW dan PLTS Isimu 10 MW.

Gambar 7. Grafik penurunan daya keluaran PLTS Likupang 15 MW ketika tertutup awan

Sesuai gambar 7 di atas, terlihat penurunan penerimaan daya listrik pada solar panel yang semula 1.000 W/m² kemudian turun ke 250 W/m² dalam rentang waktu kurang dari 20 *second*. Berbanding lurus dengan grafik penurunan penerimaan daya listrik, terlihat bahwa *output* yang semula mampu 15 MW turun sampai dengan 3 MW hal ini disebabkan oleh pergerakan awan yang menutupi solar panel PLTS Likupang 15 MW.



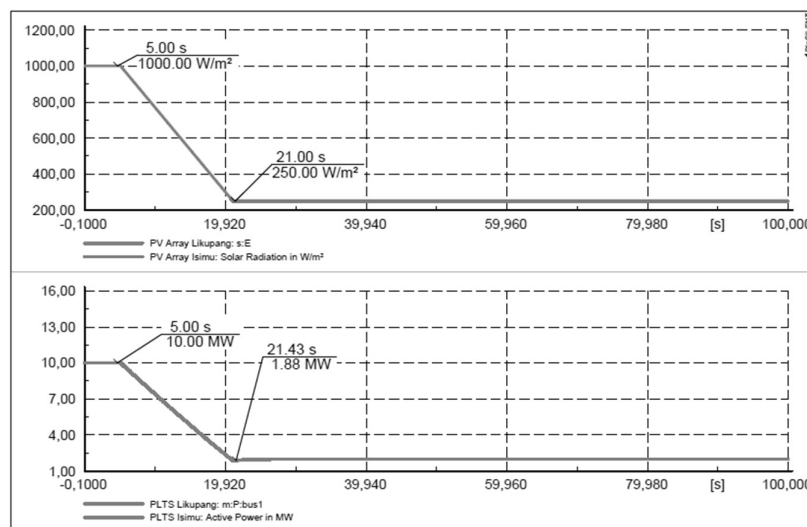
Sumber: Kajian dampak sistem terkait pengujian/operasi PLTS Likupang 15 MW dan PLTS Isimu 10 MW.

Gambar 8. Grafik perubahan frekuensi sistem saat terjadi penurunan daya PLTS Likupang 15 MW

Berdasarkan pengamatan perubahan frekuensi, sesuai grafik gambar 8 terlihat bahwa dengan kondisi cerah (tanpa ada solar panel yang tertutup awan) maka frekuensi stabil di 50 Hz, lalu penurunan frekuensi terlihat terjadi sampai ke 49,17 Hz kemudian naik kembali ke 49,31 Hz.

HASIL PENGAMATAN PLTS ISIMU 10 MW

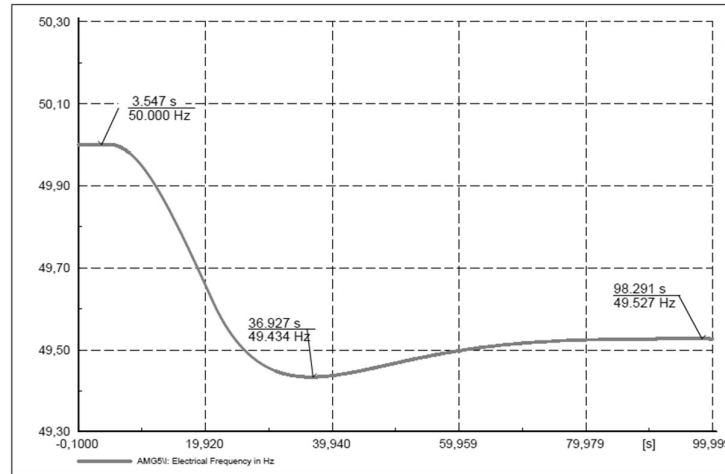
Kemudian berlanjut ke PLTS Isimu 10 MW, hasil pengamatan dapat dilihat pada gambar 9 dan 10 di bawah ini.



Sumber: Kajian dampak sistem terkait pengujian/operasi PLTS Likupang 15 MW dan PLTS Isimu 10 MW.

Gambar 9. Grafik penurunan daya keluaran PLTS Isimu 10 MW ketika tertutup awan

Sesuai gambar 9 di atas, terlihat penurunan penerimaan daya listrik pada solar panel yang semula 1.000 W/m^2 kemudian turun ke 250 W/m^2 hanya dalam waktu 16 *second*. Berbanding lurus dengan grafik penurunan penerimaan daya listrik, terlihat bahwa *output* yang semula mampu 10 MW turun sampai dengan 1,88 MW hal ini disebabkan oleh pergerakan awan yang menutupi solar panel PLTS Isimu 10 MW.



Sumber: Kajian dampak sistem terkait pengujian/operasi PLTS Likupang 15 MW dan PLTS Isimu 10 MW.

Gambar 10. Grafik perubahan frekuensi sistem saat terjadi penurunan daya PLTS Isimu 10 MW

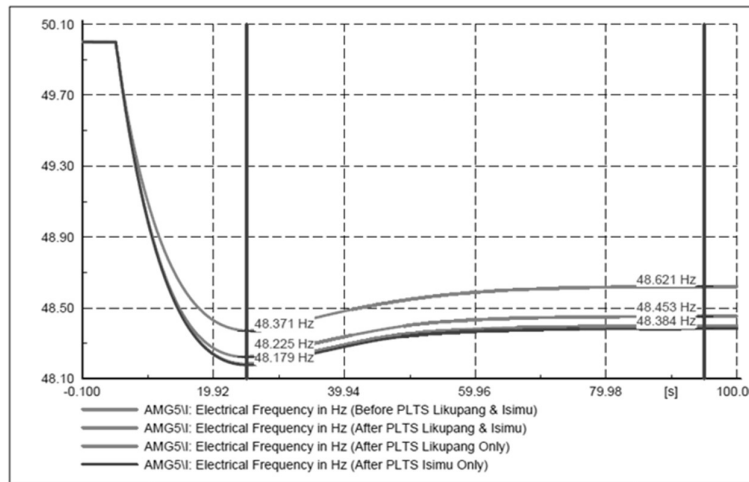
Berdasarkan pengamatan perubahan frekuensi, sesuai grafik gambar 10 terlihat bahwa dengan kondisi cerah (tanpa ada solar panel yang tertutup awan) maka frekuensi stabil di 50 Hz, lalu penurunan frekuensi terlihat terjadi sampai ke 49,434 Hz kemudian naik kembali ke 49,527 Hz. Fluktuasi frekuensi yang terjadi pada PLTS Likupang 15 MW dan PLTS Isimu 10 MW ini sesuai kemampuan solar panel dalam menerima energi surya, sehingga dapat disimpulkan bahwa pada siang hari panel surya dapat optimal menghasilkan listrik yang stabil.

SIMULASI LEPAS BEBAN BESAR DALAM SISTEM SULUTGO

Tahap selanjutnya dilakukan simulasi terjadi trip pada pembangkit besar dalam sistem Sulutgo yang mengakibatkan terjadi *hunting* frekuensi sistem. Dalam simulasi dibuat empat skenario, yaitu kondisi sistem sebelum interkoneksi PLTS Likupang dan PLTS Isimu, kondisi sistem setelah interkoneksi PLTS Likupang saja, setelah interkoneksi PLTS Isimu saja dan kondisi sistem setelah PLTS Likupang dan PLTS Isimu interkoneksi bersamaan. Simulasi dilakukan dengan melepas PLTU Amurang unit #1 sebesar 22 MW dari sistem. Kemudian pada grafik gambar 11 terlihat bahwa:

1. Sebelum PLTS Likupang dan PLTS Isimu terinterkoneksi dengan sistem, frekuensi yang semula 50 Hz turun ke 48,371 Hz lalu berangsur naik kembali ke 48,621 Hz.
2. Setelah PLTS Likupang dan PLTS Isimu interkoneksi bersamaan dengan sistem, frekuensi yang semula 50 Hz turun ke 48,225 Hz lalu berangsur naik kembali ke 48,453 Hz

3. Untuk grafik terakhir menggambarkan apabila yang terinterkoneksi hanya PLTS Likupang saja atau PLTS Isimu saja, terlihat bahwa grafik tersebut berhimpitan, yang artinya perubahan frekuensi bisa dikatakan sama. Yang semula 50 Hz turun ke 48,179 Hz pada saat PLTU Amurang unit #1 lepas dari sistem lalu berangsur naik kembali ke 48,384 Hz.



Sumber: Kajian dampak sistem terkait pengujian/operasi PLTS Likupang 15 MW dan PLTS Isimu 10 MW.

Gambar 11. Grafik analisa frekuensi sistem apabila terjadi trip pembangkit besar

Tabel 5. Analisa keandalan sistem Sulutgo

Skenario	System Stiffness (MW/Hz)
Tanpa PLTS Likupang 15 MW & PLTS Isimu 10 MW	13,51
Dengan PLTS Likupang 15 MW & PLTS Isimu 10 MW	12,39
Dengan PLTS Likupang 15 MW saja	12,11
Dengan PLTS Isimu 10 MW saja	12,08

Sumber: Kajian dampak system terkait pengujian / operasi PLTS Likupang 15 MW dan PLTS Isimu 10 MW

Dari tabel 5 di atas, dapat disimpulkan bahwa dengan komposisi pembangkit yang diatur dengan mempertimbangkan aspek ekonomis, maka secara umum keandalan sistem akan berkurang ketika PLTS Likupang 15 MW dan PLTS Isimu 10 MW beroperasi dan terinterkoneksi dengan sistem. Hal ini disebabkan karena sifat PLTS yang intermiten dan PLTS tidak memiliki baterai untuk penyimpanan energi.

DAMPAK LINGKUNGAN DARI DIBANGUNNYA PLTS

Pada fase konstruksi, pembangunan PLTS jelas menimbulkan dampak pada area yang dijadikan PLTS. Terjadi perubahan atau peralihan fungsi lahan, pada PLTS Likupang 15 MW dan PLTS Isimu 10 MW yang semula merupakan lahan perkebunan produktif (kebun jagung dan kebun variasi tanaman pangan), kemudian beralih fungsi menjadi sebuah pembangkit listrik tenaga surya. Lahan yang beralih fungsi ini tidaklah sedikit, karena seperti yang sudah disebutkan sebelumnya

bahwa pada PLTS Likupang 15 MW memiliki luas area $\pm 21,5$ Ha dan pada PLTS Isimu 10 MW memiliki luas area $\pm 14,5$ Ha.

Apabila dibandingkan dengan pembangkit lain, khususnya pembangkit bahan bakar energi fosil, dengan luas area lebih dari 10 Ha, sebuah PLTD atau bahkan PLTG/PLTMG mampu menghasilkan daya lebih dari 10 MW. Sebagai contoh, pembangunan PLTMG Luwuk – Sulawesi Tengah, hanya membutuhkan luas area sebesar 12,5 Ha untuk dapat menghasilkan daya 40 MW, sedangkan untuk PLTS Isimu dengan luas area 14,5 Ha hanya mampu menghasilkan daya 10 MW atau sama dengan 25% dari daya yang dihasilkan oleh PLTMG. Efisiensi lahan pembangunan PLTS saat ini memang masih jauh apabila dibandingkan dengan pembangunan pembangkit energi fosil. Harapannya, dengan adanya riset dan perkembangan teknologi, pembangunan PLTS akan semakin andal dan efisien

Kemudian dari sisi operasional, PLTS telah memberikan kontribusi positif dalam mengatasi masalah polusi karena tidak menimbulkan emisi atau gas buang, sehingga PLTS disebut sebagai “*Green Energy*”.

Lalu dari sisi pemeliharaan, PLTS merupakan jenis pembangkit yang rentan terhadap kerusakan apabila tidak dilakukan pemantauan atau pemeliharaan rutin/berkala. Salah satu bagian yang memerlukan perhatian khusus adalah solar panel (panel surya) yang terpasang, karena umumnya kerusakan terjadi di panel surya yang tidak dipelihara atau dirawat dengan baik. Bagian lain yang memerlukan perawatan khusus dan berkala ada *battery storage*. Kedua bagian ini, apabila terjadi kerusakan, maka akan menjadi limbah yang sulit untuk didaur ulang. Efek samping (positif) dari munculnya limbah PLTS adalah terbukanya peluang bisnis baru di bidang daur ulang baterai dan panel surya.

KESIMPULAN

Dengan kondisi PLTS *On-Grid* tanpa baterai di PLTS Likupang 15 MW dan PLTS Isimu 10 MW berdampak besar pada keandalan sistem, diantaranya:

1. Timbulnya ketidakstabilan sistem akibat *hunting* frekuensi, pada saat terjadi pergerakan awan (cuaca mendung) pada siang hari, yang menutup masuknya sinar matahari ke panel surya.
2. Beresiko terjadi trip pembangkit besar di sistem karena terjadi anomali frekuensi yang sebelumnya hampir tidak pernah terjadi.

Dengan melihat hal tersebut di atas, untuk menjaga kestabilan sistem Sulutgo, maka perlu dilakukan perubahan dan atau penambahan *equipment*, antara lain:

1. Perubahan terhadap *defence scheme* sistem eksisting dan perubahan pola operasi pembangkitan.
2. Penambahan *battery storage system* (BSS) untuk mencegah penurunan frekuensi akibat penurunan daya PLTS yang disebabkan oleh pergerakan awan.
3. Dibutuhkannya *forecasting* atau ramalan perkiraan beban yang akurat untuk meminimalisir gangguan akibat penurunan frekuensi sistem.
4. Perlu dilakukan kalkulasi ulang setting proteksi pada sistem untuk mencegah timbulnya kesalahan pembacaan gangguan pada relay proteksi di sisi gardu induk akibat terjadinya lepas *cascade* operasi pembangkit.

Pemanfaatan PLTS pada sistem Sulutgo memiliki dampak positif dalam mengatasi masalah polusi karena tidak menimbulkan emisi atau gas buang. Namun di sisi lain, perlu ada perhatian terhadap pengoperasian dan pemeliharaan PLTS, karena apabila terjadi kerusakan akan menimbulkan limbah baru berupa baterai dan panel surya yang sulit untuk didaur ulang kembali.

Dengan bertambahnya bauran energi baru pada sistem Sulutgo, diharapkan dapat menjadi pemicu munculnya pembangkit-pembangkit EBT baru yang ramah lingkungan, andal dan efisien untuk dimanfaatkan dan dirasakan oleh masyarakat di Provinsi Sulawesi Utara dan Gorontalo.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Zainal. (2019). Planning for smart grid development in indonesia. *The Future Energy Show Philipines 2019*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/338147333>.
- Dewi, Cita. (2020). Transformasi PLN: *green* melalui implementasi RJPP 2019-2024, Materi CoC Nasional. PLN Kantor Pusat. Jakarta.
- Evaluasi Operasi 2019 dan Rencana Kerja KMAJ 2020. (Kajian evaluasi internal tidak dipublikasikan). PLN UIKL Sulawesi. Kendari.
- Hariyanto, Nanang. (2019). Kajian dampak sistem terkait pengujian / operasi PLTS Likupang 15 MW dan PLTS Isimu 10 MW. (Kajian internal tidak dipublikasikan). Kerjasama LAPI ITB dan PLN UIKL Sulawesi. Makassar.
- Humena, S., Surusa, F.E.P., Anang, H. (2018). Dampak masuknya PLTS Isimu 10 MW terhadap profil tegangan pada sistem kelistrikan 150 kV Gorontalo. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo, Gorontalo.
- Legino, S., Hidayanwanti, R., Putra, I.S., Pribadi, A. (2019). Reducing coal consumption by people empowerment using local waste processing unit. Sekolah Tinggi Teknik PLN. Energy Sector, Indonesia Power. Jakarta.
- Modul training APEG, Mengenal Energi Surya Photo Voltaic (PV), Pelatihan Instruktur. (2019). Makassar.
- Mubarak, Husni. (2020). PLTS atap *on-grid* dalam transformasi PLN. *PLN In-Fest (Inspirator Festival) 2020*. PLN UP3 Lhokseumawe.
- Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional. (2019) Laporan Kajian Penelaahan Neraca Energi Nasional 2019. Jakarta.
- Teoh, C.P. (2017). Fundamental of digital substation. (confidential document). General Electric (GE Company). Singapore.