Jurnal Ilmiah Setrum

Volume 13, No.2, Desember 2024 **p-ISSN : 2301-4652 / e-ISSN : 2503-068X**

Dampak Penyambungan PLTM Bayang Nyalo ke Sistem 20 kV PLN ULP Painan

Muhammad Nasir[1], Insannul Kamil[2], Adrianti[1*], Riki Syafdini[3]

[1]Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat.
[2]Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat.
[3]PT PLN UID Sumatera Barat, Padang, Sumatera Barat.

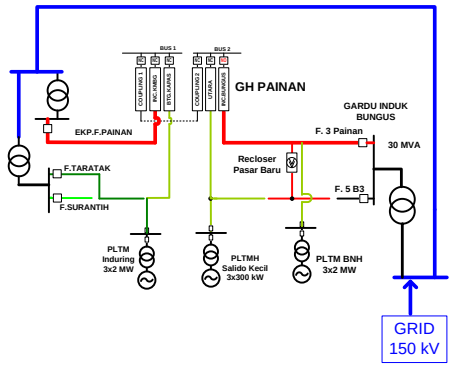
Informasi Artikel

Naskah Diterima : 8 Agustus 2024
Direvisi : 11 Oktober 2024
Disetujui : 28 November 2024

doi: 10.62870/setrum.v13i2.28185

***Korespodensi Penulis :** adrianti@eng.unand.ac.id

Graphical abstract



Abstract

The electric power distribution system will change very quickly along with the growth of the load which tends to increase every year. The increase of electricity demand must be anticipated with the addition of the number of generating plants that will integrate to the system in order to carry out continuous and optimal system operations. Before adding new generators to the system, a feasibility study will be conducted to provide optimal results using simulation of power flow studies. The connection of the Bayang Nyalo Hydro Power (BNHP) to the medium voltage 20 kV electricity system of the PLN with several operating scenarios provide significant results. The most optimal results have been obtained with scenario 2-2, which the operating voltage changed from 0.80 pu to 0.95 pu and power losses decreased from 2.04 MW to 1.67 MW. This provides a recommendation that the operating scheme of scenario 2-2 should be applied when the Bayang Nyalo Power Plant connects the PLN 20 kV system because this scenario does not require additional new investment from PLN.

Keywords: *Power flow studies, Integration impact assessment, Operation scenario, Voltage drop, Losses*

Abstrak

Sistem distribusi tenaga listrik akan sangat cepat berubah seiring dengan pertumbuhab beban yang cenderung meningkat setiap tahun. Peningkatan jumlah permintaan daya listrik harus diantisipasi dengan penambahan jumlah pembangkit yang akan masuk ke sistem agar terjadi keseimbangan demi terselenggaranya operasi sistem yang optimal dan berkesinambungan. Sebelum dilakukan penambahan pembangkit baru ke dalam sistem maka akan dilakukan studi kelayakan untuk memperoleh hasil yang optimal menggunakan simulasi aliran daya Digsilent. Penyambungan PLTM Bayang Nyalo ke sistem TM 20 kV PLN ULP Painan dengan beberapa skenario operasi memberikan hasil yang signifikan. Hasil yang sangat optimal diperoleh dengan skenario 2-2 yakni tegangan operasi berubah dari 0,80 pu menjadi 0,95 pu dan rugi daya berkurang dari dari 2,04 MW menjadi 1,67 MW. Hal ini memberikan rekomendasi bahwa pola operasi skenario 2-2 hendaknya diterapkan ketika PLTM Bayang Nyalo masuk ke sistem 20 kV PLN karena skenario ini tidak memerlukan adanya penambahan investasi baru dari sisi PLN.

Kata kunci: Studi aliran daya, Studi dampak penyambungan, Skenario operasi, Jatuh tegangan, Rugi rugi daya

© 2024 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

1. PENDAHULUAN

Permintaan terhadap tenaga listrik cenderung meningkat setiap tahun yang disebabkan oleh pertambahan jumlah penduduk, naiknya taraf hidup, pertumbuhan ekonomi yang membaik, padatnya penggunaan listrik dalam kehidupan manusia. Untuk memenuhi permintaan tenaga listrik tersebut, PT PLN membangun harus dapat menyediakan tenaga listrik dengan berbagai cara yakni membangkitkan sendiri dari fasilitas miliknya atau membeli tenaga listrik dari pihak lain.

Sejalan dengan kebijakan pemerintah untuk meningkatkan bauran energi di Indonesia, Pemerintah sangat mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam penyediaan tenaga listrik dengan memanfaatkan potensi energi terbarukan [1]. Sebagai bentuk implementasi kebijakan pemerintah tersebut, PT Bayang Nyalo Hidro (PT BNH) selaku Pengembang Pembangkit Listrik akan berusaha memanfaatkan potensi energi air setempat menjadi tenaga listrik yang sesuai dengan visi global terkait pengurangan gas rumah kaca (GRK).

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga minihidro (PLTM) Bayang Nyalo yang berlokasi di Sungai Bayang Nyalo, Kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat akan disalurkan ke sistem PLN melalui infrastruktur jaringan tegangan menengah (JTM) 20 kV ULP Painan. Oleh karena itu, sebelum dilakukan integrasi sistem PLTM Bayang Nyalo ke sistem PLN, maka dipersyaratkan adanya studi kelayakan penyambungan tersebut ke infrastruktur JTM 20 kV milik PLN [2-5]. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi kelayakan penyambungan PLTM Bayang Nyalo dan sekaligus untuk mengidentifikasi potensi dampak yang mungkin timbul akibat penyambungan tersebut. Kelayakan penyambungan akan dianalisa sesuai dengan Peraturan Direksi PLN tentang Pedoman Penyambungan Pembangkit Energi Terbarukan ke Sistem Distribusi PT PLN [2].

Meskipun banyak aspek yang perlu diperhitungkan dalam studi kelayakan penyambungan PLTM ini, studi ini hanya menkankan dan dibatasi pada aspek aliran daya saja dan potensi dampak yang timbul terkait aliran daya meliputi jatuh tegangan dan rugi-rugi daya [5].

Urgensi penelitian ini didasarkan pada data PLN ULP Painan bahwa level tegangan operasional TM di daerah Bayang, Pesisir Selatan masih rendah yakni di sekitar 0,9 pu yang berarti masih di sekitar batas bawah tegangan yang diizinkan. Dengan kondisi ini, rencana integrasi pembangkit energi terbarukan PLTM Bayang Nyalo 3 x 2 MW ke sistem PLN akan dievaluasi dampaknya, terutama terhadap kualitas level tegangan operasi TM dan penurunan rugi rugi daya dalam sistem. Selain itu, penelitian ini diharapkan juga menjadi panduan dalam melaksanakan kegiatan serupa ketika menhghadapi dan menangani kasus yang sama di tempat lain di Indonesia. Lebih lanjut, proses dalam penelitian ini menunjukkan bahwa studi aliran daya merupakan salah satu inti dari analisa sistem tenaga Listrik sehingga penguasaan akan teori dan praktek terhadap tool ini akan yang sangat berguna dalam penyelesaian masalah mendasar dalam operasi sistem tenaga listrik [6].

Sistematika penulisan dalam paper ini dimulai dengan pendahuluan yang memuat gambaran umum tentang masalah yang diteliti, kemudian diikuti dengan metode penyelesaian masalah tentang bagaimana menilai kelayakan penyambungan PLTM ke sistem PLN menggunakan studi aliran daya [6] dengan bantuan perangkat lunak Digsilent Power Factory [7]. Kelayakan studi penyambungan PLTM ini akan dievaluasi terhadap aspek jatuh tegangan dan rugi-rugi daya sistem. Hasil evaluasi atas kelayakan penyambungan ini akan diuraikan dan didiskusikan di dalam sub judul “Hasil”. Di bagian akhir akan dipaparkan kesimpulan yang diperoleh terhadap studi kelayakan penyambungan ini.

2. METODE

Penelitian ini adalah studi kasus pada sistem JTM 20 kV Pesisir Selatan yang akan diintegrasikan dengan PLTM Bayang Nyalo melalui satu titik hubung bersama (point of common coupling, PCC) yang berlokasi di daerah Pasar Baru, Bayang, Pesisir Selatan. Studi kasus ini dievaluasi menggunakan studi aliran daya di dalam aplikasi Digsilet Power Factory dengan menggunakan berbagai skenario. Tahapan pertama penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data meliputi data pembangkit dan jaringan evakuasi daya sampai titik sambung bersama, data sistem 20 kV PLN di wilayah Kabupaten Pesisir Selatan yang meliputi data dari JTM, GH, dan beban sistem serta pola operasi harian kondisi normal dan kondisi kontigensi. Tahapan kedua adalah membuat model sistem jaringan kelistrikan sesuai data lapangan pada aplikasi Digsilent [8-9]. Tahapan ketiga yaitu membuat skenario eksisting yaitu pola operasi sebelum masuknya PLTM ke sistem PLN kemudian dilanjutkan dengan berbagai macam skenario operasi yang mungkin menjadi alternatif operasi sistem setelah masuknya

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

PLTM ke sistem PLN. Skenario eksisting diperlukan sebagai acuan untuk menilai skenario kelayakan lainnya. Tahapan keempat, menjalankan simulasi aliran daya dimulai dengan skenario operasi eksisting dan dilanjutkan dengan skenario operasi lainnya. Tahapan terakhir adalah membandingkan berbagai skenario untuk menentukan skenario terbaik ketika PLTM sudah terhubung ke sistem PLN.

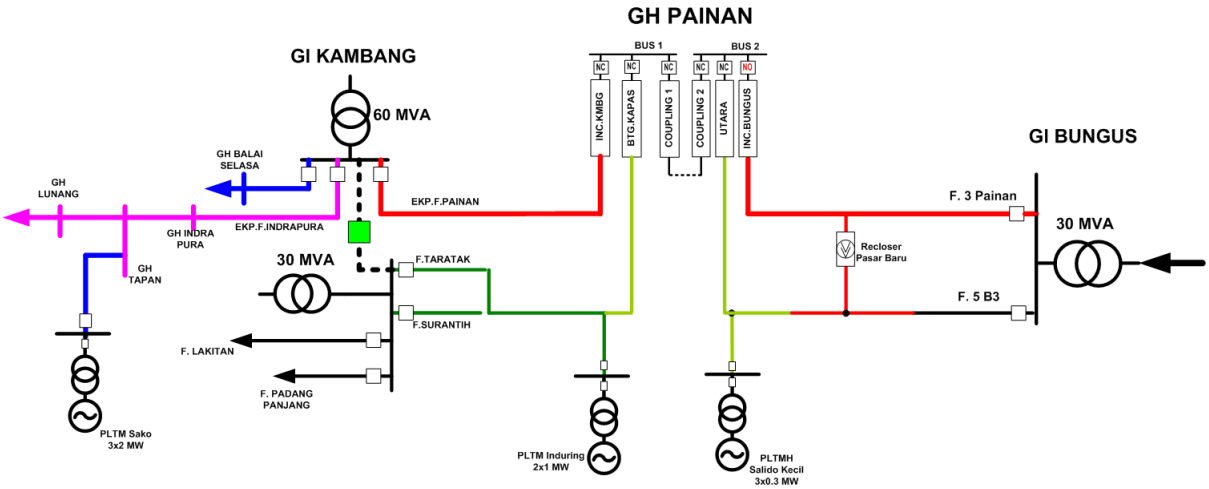
Secara ringkas langkah dan prosedur penelitian disajikan dalam langkah rinci berikut ini:

1) Mengumpaulkan data sistem PLTM dan data sistem PLN
2) Membuat diagram satu garis dari sistem yang akan dianalisa dengan memasukkan semua data.
3) Membuat skenarion eksisting (sebelum penyambungan PLTM Bayang Nyalo) dan berbagai skenario lainnya dengan asumsi bahwa PLTM sudah terhubung ke sistem PLN.:
   a) kondisi eksisting, disebut sebagai skenario-1.0.
   b) Skenario-2.0 (PLTM BN masuk ke sistem dan jaringan sama dengan skenario-1.0)
   c) Skenario-2.1 (PLTM BN masuk ke sistem dan ada perubahan pola jaringan eksisting, misalnya ada penyulang yang diubah konfigurasinya,
   d) Dst.
4) Lakukan studi aliran daya dengan kondisi eksisting (Skenario-1.0) dan catat hasil simulasinya.
5) Lakukan studi aliran daya dengan skenario lainnya (asumsi PLTM sudah masuk sistem PLN) dan catat hasil simulasinya.
6) Bandingkan hasil di langkah 4) dengan langkah 5) untuk berbagai skenario operasi dan pilih skenario yang memberikan hasil terbaik.
7) Ulangi langkah 5) dan 6) untuk skenario lainnya hingga semua skenario sudah disimulasikan.
8) Buat skenario terjelek (misalnya dengan asumsi adanya bagian yang tidak beroperasi). Skenario ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan PLTM Bayang Nyalo dalam menopang operasi sistem PLN.
9) Lakukan analisa atas setiap skenario dan buat kesimpulannya.

Salah satu hal yang perlu disampaikan terkait pertimbangan banyaknya data beban sistem PLN yang harus diiputkan dalam aplikasi Digsilent, maka diputuskan bahwa data beban di gabung dalam satu kelompok untuk panjang JTM tertentu dengan tetap memperhitungan distribusinya secara proporsional supaya hasilnya masih dapat dipertanggungjawakan. Hal ini dilakukan agar limit data bus, data saluran dan data beban tidak dilewati sehingga aplikasi Digsilent masih bisa berjalan dengan baik.

3. HASIL

Sistem Kelistrikan Kabupaten Pesisir Selatan (Pessel), yang dilayani oleh 2 unit layanan pelanggan (ULP) PLN yakni ULP Painan dan ULP Balai Selasa, memiliki jaringan tegangan menengeh (TM) sekitar 1.150 kms, jaringan tegangan rendah (TR) 1.300 kms, dan jumlah gardu distribusi 910 buah dengan total kapasitas sekitar 70 MVA. Sebagai ilustrasi, Gambar 1 menunjukkan diagram satu garis yang lebih simpel dari sistem kelistrikan Pessel yang memakai pola operasi jaringan secara radial yang mana sistem ini di suplai dari GI Bungus dan GI Kambang yang berjarak sekitar 110 km antara keduanya.



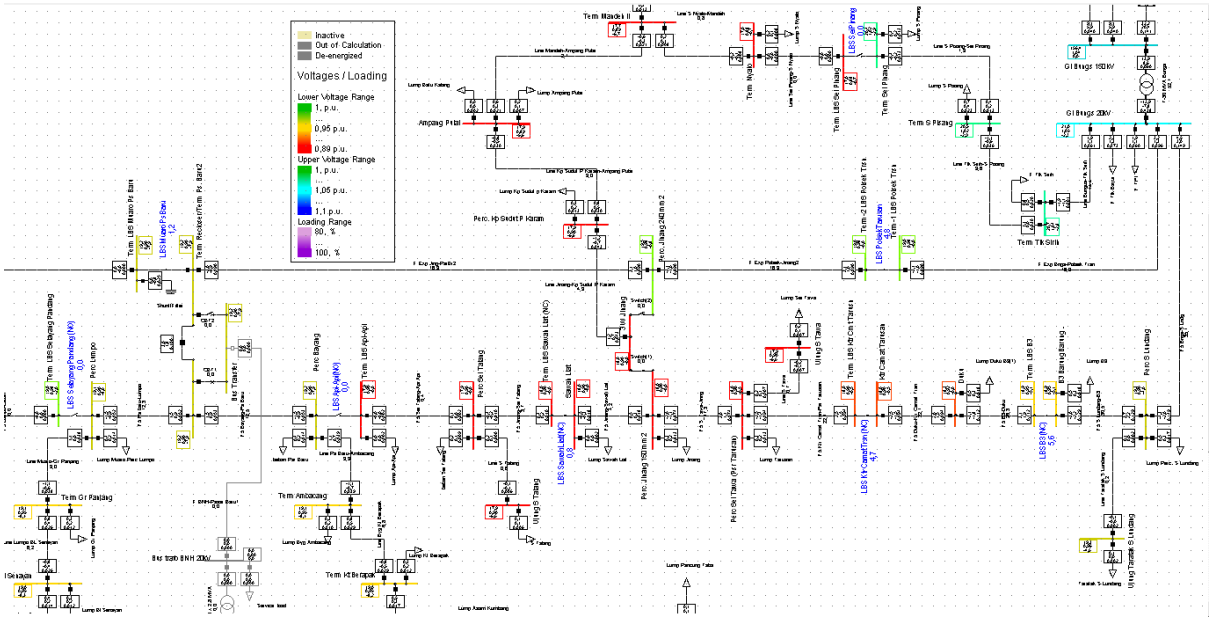
Gambar 1. Diagram satu garis sistem kelistrikan Kab. Pesisir Selatan

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Adapun skenario operasi yang akan dibuat dan dilakukan studi aliran daya adalah:

- Skenario 1-0 (kondisi eksisting, sebelum masuknya PLTM Bayang Nyalo ke Sistem PLN)
- Skenario 2-0 (kondisi setelah masuknya PLTM Bayang Nyalo ke Sistem PLN)
- Skenario 2-1 (sama dengan skenario 2-0 tapi ada perubahan switching: LBS Api-api ON, LBS Sawah Liat OFF dengan tujuan memindahkan beban penyulang ke PCC di Pasar Baru, Bayang)
- Skenario 2-2 (sama dengan skenario 2-1 tapi ada perubahan switching di Percabangan Jinang ke arah Mandeh, yang awalnya disuplai dari Penyulang F5 dialihkan ke Penyulang F3 Bungus yang terhubng dengan PCC di Pasar Baru, Bayang).

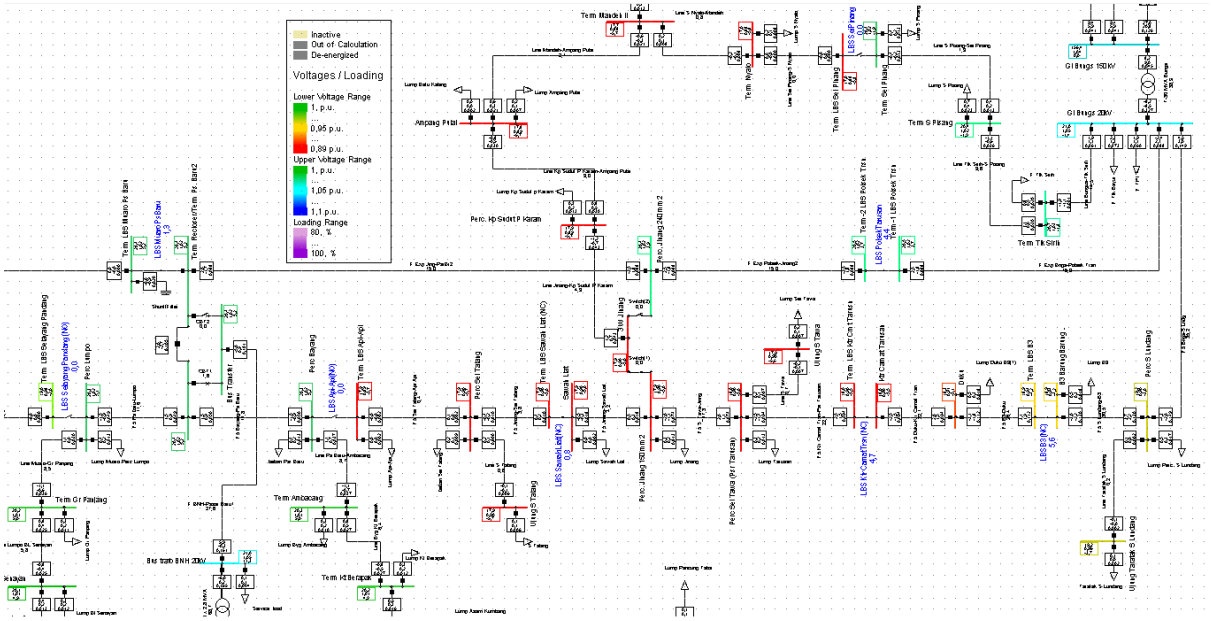
Studi aliran daya menggunakan simulasi Digsilent untuk kondisi eksisting skenario 1-0 dengan besaran tegangan bus di GI Bungus dan GI Kambang diatur di sekitar nilai 20.9 kV. Hasil simulasi untuk skenario ini menunjukkan ada 15 titik yang teganganya berada titik batas bawah ambang tegangan yang diizinkan yaitu di rentang 17,9 – 18,01 kV (0.895 - 0,901 pu). Level tegangan di sepanjang penyulang Barung-Barung Balantai (F5 B3) yang bersumber dari GI Bungus mengalami jatuh tegangan yang signifikan sebagaimna ditunjukkan oleh **warna merah** pada bus l (gambar 2) dengan nilai tegangan 0,90 pu. Hal berbeda pada daerah Pasar Baru Bayang, level tegangan sistem pada umumnya berada di sekitar nilai 19,0 -19,5 kV (di atas 0,95 pu) masih sangat dominan yang ditandai dengan warna kuning kehijuan. Tegangan pada daerah Bayang yang disuplai dari Penyulang F3 Bungus meliputi Pasar Baru 0,96 pu, Koto Berapak 0,95 pu, dan Asam Kumbang 0,94 pu. Hasil simulasi skenario 1-0 ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Simulasi aliran daya skenario 1-0

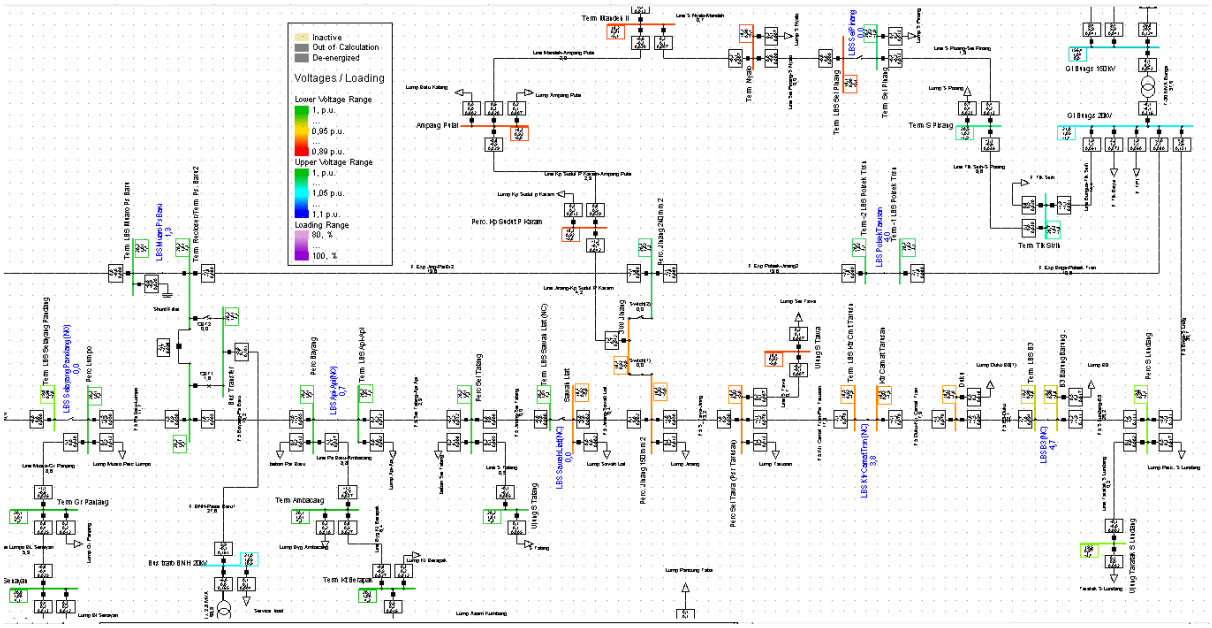
Sesuai dengan persayaratan studi kelayakan penyambungan bahwa PLTM Banyang Nyalo akan beroperasi dan masuk ke sistem PLN melalaui titik sambung bersama (PCC) di daerah Pasar Baru, Bayang. Kondisi ini disebut sebagai skenario 2-0 dan hasilnya adalah masih ada 6 titik rel yang nilai tegangannya masih di sekitar 0,89-0,90 pu. Jumlah ini sudah berkurang jika dibandingkan dengan skenario 1-0 yakni 15 titik rel. Hasil lainnya adalah tegangan pada daerah Bayang mengalami peningkatan signifikan meliputi Pasar Baru 1,02 pu, Koto Berapak 1,01 pu, dan Asam Kumbang 1,00 pu. Terlihat bahwa rel Penyulang F5 B3 warna merahnya pada sudah mulai berkurang intensitasnya kea rah merah muda dan pada rel di daerah Pasar Baru Bayang sudah berwarna hijau. Hasil simulasi skenario 2-0 menunjukkan ditunjukkan pada **Gambar 3**.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



Gambar 3 Simulasi aliran daya skenario 2-0

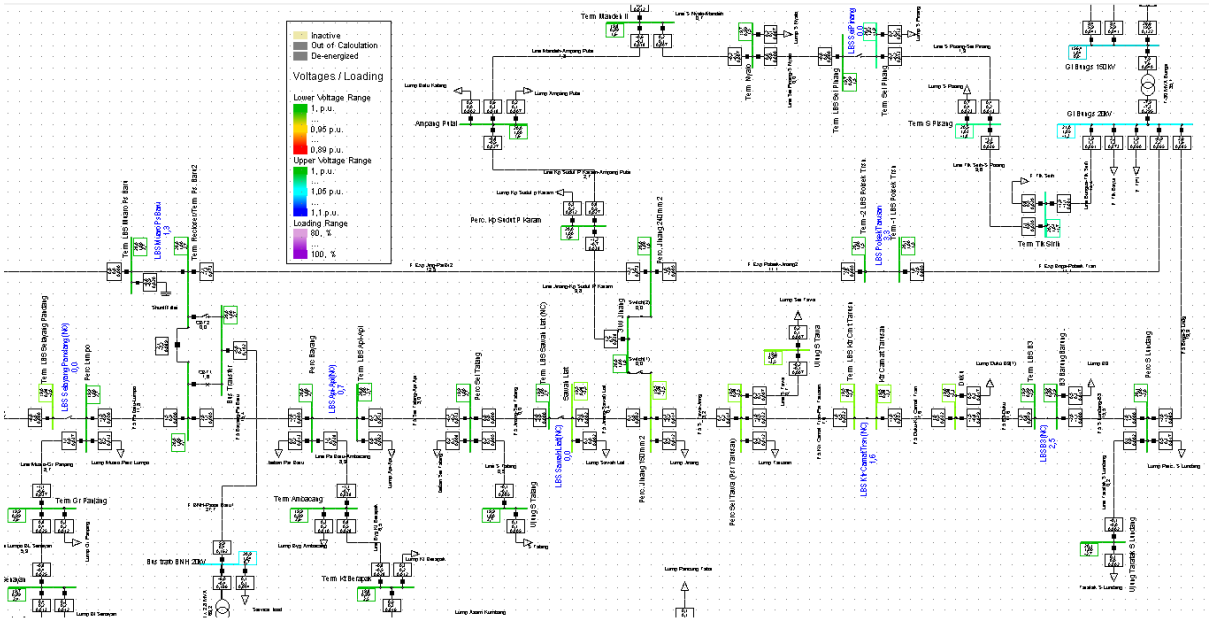
Untuk memaksimalkan dampak penyambungan PLTM Bayang Nyalo ke sisitem PLN, perubahan pola operasi (rekonfigurasi jaringan) diperlukan untuk meningkatkan tegangan sistem dan mengurangi rugi rugi daya di sistem maka LBS Api-api diubah menjadi ON dan LBS Sawah Liat jadi OFF, yang disebut sebagai skenario 2-1 dan hasil simulasinya ditunjukkan pada **Gambar 4**. Hasilnya sangat signifikan yakni tegangan di semua titik rel dalam sistem berada dalam batas operasi normal yakni di dalam rentang (0,90-1,05) pu. Tidak ada lagi rel yang berwarna merah tua, tapi sudah berubah menjadi merah muda yang berarti tegangannya sudah di sekitar 0.90 pu.



Gambar 4 Simulasi aliran daya skenario 2-1

Hasil paling baik (maksimal) diperoleh adalah dengan skenario 2-2, yang mana tegangan terendah sistem adalah 0,95 pu sehingga sistem beroperasi dalam rentang tegangan (0,95-1,05) pu yang ditandai dengan warna hijau dan biru pada rel di sistem.

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



Gambar 5 Simulasi aliran daya skenario 2-2

Hasil lainnya yang perlu disampaikan dalam tulisan ini adalah rugi-rugi daya sistem berubah dengan adanya perubahan skenario sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 1. Sangat jelas bahwa hanya dengan melakukan pola operasi switching yang tepat maka tegangan menjadi lebih baik dan rugi-rugi daya menjadi berkurang.

Tabel 1. Perbandingan Rugi rugi daya terhadap skenario operasi sistem

	Rugi Rugi Daya	
	(MW)	(MVAR)
skenario 2-0	2.04	5.77
skenario 2-1	1.90	5.52
skenario 2-2	1.67	5.09

4. KESIMPULAN

Studi kelayakan penyambungan PLTM Bayang Nyalo 3 x 2 MW telah dilakukan berdasarkan peraturan Direksi PT PLN Persero menggunakan software DIgSILENT dengan berbagai skenario terkait studi aliran daya. Kesimpulan yang dapat diambil dan dijadikan sebagai hasil rekomendasi berdasarkan hasil simulasi tersebut di atas beserta analisisnya adalah sebagai berikut:

(1) Ada dua skenario yang dibuat yaitu skenario 1-0 (sebelum penyambungan PLTM Bayang Nyalo) dan skenario 2-0 (setelah penyambungan PLTM Bayang Nyalo).
(2) Hasil skenario 1-0 (sebelum penyambungan PLTM Bayang Nyalo) menunjukkan bahwa ada 15 titik lokasi yang teganganya berada di sekitar batas bawah ambang tegangan yang diizinkan yaitu di rentang 17,9 – 18,01 kV (0.895 - 0,901 pu).
(3) Hasil skenario 2-0 (setelah penyambungan PLTM Bayang Nyalo) menunjukkan bahwa dengan masuknya PLTM Bayang Nyalo akan memberikan pengaruh positif ke sistem PLN ULP Painan yang mana jatuh tegangan dan rugi rugi daya menjadi berkurang dari 15 titik (kondisi sebelum) menjadi 6 titik (kondisi sesudah). Hasil lainnya adalah tegangan pada daerah Bayang mengalami peningkatan signifikan meliputi Pasar Baru 1,02 pu, Koto Berapak 1,01 pu, dan Asam Kumbang 1,00 pu.
(4) Dengan melakukan pola operasi (rekonfigurasi) yang tepat mengunakan peralatn eksisting di lapangan tanpa adanya penambahan investasi dengan pemasangan peralatan baru sebagaimana

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

telah ditunjukkan melalui simulasi skenario 2-1 dan skenario 2-2 maka operasi sistem menjadi lebih optimal. Skenario 2-1 memberikan hasil lebih baik dari skenario 2-0 yakni tegangan di semua titik rel dalam sistem berada dalam batas operasi normal yakni di dalam rentang (0,90-1,05) pu yang mana tegangannya sudah di sekitar 0.90 pu. Selanjutnya, hasil yang paling baik diperoleh adalah dengan skenario 2-2, yang mana tegangan terendah sistem adalah 0,95 pu.

(5) Hasil lain yang perlu disampaikan bahwa meskipun studi aliran daya sangat membutuhkan pemodelan sistem yang tepat dan sangat menyita waktu karena harus melakukan pekerjaan simulasi secara berulang-ulang, akan tetapi akan memberikan manfaat yang sangat besar dalam perencanaan operasi sistem tenaga dan dapat memperhitungkan dampak dari setiap perubahan yang akan terjadi dalam sistem. Oleh karena itu, studi ini menjadi sangat penting untuk dilakukan sebelum tindakan sebenarnya diterapkan secara nyata di lapangan.

REFERENSI

[1] Presiden Republik Indonesia, *Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 112 Tahun 2022, Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik. https://peraturan.bpk.go.id/Details/225308/perpres-no-112-tahun-2022.*

[2] PT. PLN (Persero), *Peraturan Direksi PT PLN (Persero) Nomor: 0064.P/DIR/2019, Pedoman Penyambungan Pembangkit Energi Terbarukan ke Sistem Distribusi PT PLN*.

[3] *IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems*, IEEE Application Guide for IEEE Std 1547™, IEEE, New York, 2009.

[4] *Standards for Distributed Energy Resources Interconnection and Interoperability with the Electricity Grid*, IEEE 1547 and 2003, National Renewable Energy Laboratory, Thomas Basso,

[5] M.Y. Vaziri, S. Vadhva, S. Ghadiri, C. J. Hoffman, K. K. Yagnik, "Standards, Rules, and Issues for Integration of Renewable Resources", California State University Sacramento, CA 95819, published internal, https://www.csus.edu/indiv/t/tatror/smart_grid/support_documents/standards%20rules%20and%20issues%20for%20integration%20of%20renewable%20resources_csus_ieee_paper_2009_12.pdf

[6] J.J. Grainger, W.D. Stevenson, "Power Flow Solutions" in *Power System Analysis, international* edition. Singapore: McGraw-Hill, 1994, ch. *9*, pp *329-368.*

[7] *DigSILENT Power Factory Software: Tutorial and Manual, Online* ed., DIgSILENT GmbH, Gomaringen, Germany, 2014, section 5, pp. *405-1004.*

[8] *Supreme Bare Conductor Catalog*, PT. Sucaco Tbk, Jakarta, Indonesia, pp. *12-13.*

[9] *Power Cable Catalog, Online* ed., Nexans, New Plymouth, New Zeland, 2012, pp. *10-11.*

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.