



## Kelayakan Pembelian Tenaga Listrik PLTBm Senoni sebagai Upaya Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan serta Perbaikan Tegangan di Daerah Sebulu Kutai Kartanegara

Muchamad Chaliq Fadli\*, Sumardi, Abdul Syakur

<sup>1</sup>Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

<sup>\*</sup>Corresponding author: ffadli@gmail.com

(Received: November 7, 2024; Accepted: December 19, 2024)

### Abstract

*Feasibility of Purchasing Electricity from Senoni PLTBm as an Effort to Utilize New Renewable Energy and Improve Voltage in the Sebulu Area, Kutai Kartanegara.* Senoni Biomass Power Plant (PLTBm) is one of the sources of electricity supply based on New Renewable Energy (EBT) in the Sebulu area, Kutai Kartanegara Regency. In this area there is a problem of voltage drop, due to the distance from the nearest Substation, which is up to 107 km. In this study, a power flow simulation will be carried out to determine the impact of the operation of the Senoni PLTBm to overcome the problem of voltage drop in the Sebulu area and its surroundings. In addition to the impact on voltage, an evaluation of its impact on network losses is also carried out to ensure that the operation of the Senoni PLTBm also contributes to increasing efficiency in electricity supply. To ensure the ability to serve the growth in electricity usage in the future, the addition of potential new customers in the area and its impact on service voltage and network losses are also simulated. Based on the simulation carried out, the Senoni PLTBm can improve the quality of voltage in Sebulu by up to 8.9% and reduce network losses by up to 2.5%. This will certainly improve the effectiveness and efficiency of customer service while optimizing the use of EBT to support the achievement of the target of EBT utilization in the Indonesian National Energy Policy.

**Keywords:** biomass, renewable energy, voltage drop, network losses, power flow simulation

### Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Biomass (PLTBm) Senoni merupakan salah satu sumber penyediaan tenaga listrik yang berbasis Energi Baru Terbarukan (EBT) di daerah Sebulu Kabupaten Kutai Kartanegara. Di wilayah tersebut terdapat permasalahan tegangan *drop*, akibat jauhnya jarak dari Gardu Induk terdekat yaitu hingga 107 km. Dalam kajian ini akan dilakukan simulasi aliran daya untuk mengetahui dampak beroperasinya PLTBm Senoni untuk mengatasi permasalahan tegangan *drop* di daerah Sebulu dan sekitarnya. Selain dampak terhadap tegangan, juga dilakukan evaluasi dampaknya terhadap susut jaringan untuk memastikan bahwa pengoperasian PLTBm Senoni juga berkontribusi untuk meningkatkan efisiensi dalam penyediaan listrik. Untuk memastikan kemampuan dalam melayani pertumbuhan pemakaian listrik di masa depan, juga disimulasikan penambahan potensi pelanggan baru di daerah tersebut serta dampaknya terhadap tegangan pelayanan dan susut jaringan. Berdasarkan simulasi yang dilakukan, PLTBm Senoni dapat memperbaiki kualitas tegangan di Sebulu hingga 8,9% serta menurunkan susut jaringan hingga 2,5%. Hal ini tentunya akan memperbaiki efektivitas dan efisiensi pelayanan kepada pelanggan sekaligus mengoptimalkan pemanfaatan EBT untuk mendukung pencapaian target pemanfaatan EBT dalam Kebijakan Energi Nasional Indonesia.

**Kata kunci:** *biomass, energi terbarukan, tegangan drop, susut jaringan, simulasi aliran daya*

**How to Cite This Article:** Fadli, M. C., Sumardi, S. & Syakur, A. (2024). Kelayakan Pembelian Tenaga Listrik PLTBm Senoni sebagai Upaya Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan serta Perbaikan Tegangan di Daerah Sebulu Kutai Kartanegara. *JPII*, 2(5), 319-326. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2024.24590>

## PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu komponen penting dan aspek strategis dalam mengakselerasi pertumbuhan suatu daerah. Kebutuhan tenaga listrik juga terus berkembang seiring dengan kebutuhan masyarakat akan energi listrik. Terbukti bahwa tingkat pemakaian energi listrik digunakan sebagai salah satu indikator kemajuan suatu daerah.

Untuk mengakselerasi pertumbuhan tersebut dibutuhkan sinergitas stakeholder, baik pemerintah pusat, pemerintah daerah, akademisi, BUMN dalam hal ini PT PLN (Persero) serta swasta, agar pasokan listrik dapat tercukupi dan terus menjadi penggerak dalam sebuah ekosistem pembangunan. Bentuk kerja sama konkret antara swasta, pemerintah dengan BUMN dalam penyediaan tenaga listrik di antaranya adalah melalui skema *independent power producer* (IPP), maupun jual beli kelebihan tenaga listrik oleh swasta kepada BUMN yang disebut *excess power*.

Sementara itu, di sisi lain, adanya komitmen Pemerintah untuk mencapai *Net Zero Emission* pada tahun 2060, mendorong ketersediaan energi bersih dengan energi primer yang lebih ramah terhadap lingkungan. Kebijakan energi baru dan terbarukan sebagaimana tertuang dalam Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) menargetkan bauran energi baru dan terbarukan mencapai 23% pada tahun 2025 (Pemerintah Republik Indonesia, 2014). Kebijakan ini dimaksudkan untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil seperti minyak bumi dan batu bara dalam masa transisi energi ini. Upaya penurunan penggunaan energi fosil tersebut salah satunya dilakukan dengan memadukan penggunaan energi fosil dengan energi baru terbarukan sehingga diharapkan dapat berkontribusi dalam penurunan emisi.

PLTBm Senoni adalah salah satu instalasi yang dimiliki oleh swasta yang memproduksi listrik berbasis energi baru terbarukan, dalam hal ini biomassa untuk pemakaian sendiri. Meskipun demikian, sesuai dengan Peraturan Menteri ESDM No. 10 Tahun 2022, badan usaha tersebut dapat melakukan penjualan tenaga listrik, dengan syarat memiliki Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Kepentingan Umum (IUPTLU), atau Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Kepentingan Sendiri (IUPTLS), atau Izin Usaha Jasa Penunjang Tenaga Listrik (IUJPTL) terlebih dahulu (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2022).

Selain itu, badan usaha yang akan melakukan penjualan tenaga listrik juga harus mendapatkan persetujuan atas harga jual tenaga listrik dari menteri atau

gubernur sesuai kewenangannya. Baru setelah adanya penetapan harga jual tersebut, badan usaha dapat membuat Perjanjian Jual Beli Tenaga Listrik dengan pemegang IUPTL lainnya.

Pembangkit Listrik Tenaga Biomass (PLTBm) Senoni merupakan pemegang IUPTLS. PLTBm Senoni mulai beroperasi tahun 2015 dan pada awalnya dibangun untuk menyediakan listrik untuk industri pengolahan kayu di daerah Sebulu, Kabupaten Kutai Kartanegara. Daerah tersebut cukup jauh dari sumber jaringan PLN, yaitu di Gardu Induk Kotabangun dengan perkiraan jarak sebesar 56 km. Tegangan pelayanan PLN di daerah tersebut relatif rendah pada kisaran 15-16 kV dimana hal ini masih belum memenuhi ketentuan terkait persyaratan teknik tegangan sistem distribusi (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2009). Dalam kajian ini akan dievaluasi dampak PLTBm Senoni terhadap tegangan pelayanan di daerah tersebut, sebagai salah satu pertimbangan dalam menyusun kerjasama jual beli listrik antara PLN dan PLTBm Senoni.

PT PLN (Persero), dalam hal ini sebagai calon pembeli, perlu membuat kajian komperhensif untuk dapat menentukan pembelian tenaga listrik tersebut layak untuk dilaksanakan pada sistem ketenagalistrikan yang ada pada wilayah tersebut. Kajian tersebut meliputi kajian teknis dan kajian finansial. Dalam kajian teknis, akan ditelaah kebermanfaatan pembelian tenaga listrik tersebut dalam menunjang keandalan maupun perbaikan mutu pelayanan. Sedangkan dalam kajian finansial, akan dikaji efisiensi yang dihasilkan dari pembelian tenaga listrik tersebut dalam Biaya Penyediaan Tenaga Listrik. Karya ilmiah ini akan berfokus pada aspek teknis pengoperasian PLTBm Senoni.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara kuantitatif. Hal ini dilakukan dengan membangun model sistem jaringan distribusi yang menggambarkan keadaan sesuai dengan kondisi jaringan yang ada di lapangan. Pemodelan jaringan distribusi tersebut dibuat dengan melakukan pengumpulan data jaringan distribusi secara komprehensif, khususnya pada sistem tenaga listrik yang terkait dengan PLTBm Senoni. Data yang dikumpulkan meliputi *single line diagram*, data koordinat tiang, data koordinat trafo distribusi, data beban penyulang, data beban trafo, data jenis hantaran penyulang, data tegangan suplai dan tegangan ujung, serta data potensi penambahan beban pada penyulang terkait. Seluruh data tersebut kemudian diinputkan dan disimulasikan dalam sebuah aplikasi perhitungan aliran daya (*power flow*)

menggunakan aplikasi Power Factory 15.1 (Digsilent). Tahapan proses penyusunan karya ilmiah ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi penelitian

Setelah seluruh data jaringan dikumpulkan dan dimodelkan dalam aplikasi Digsilent, hasil simulasi *power flow* data jaringan tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran aktual untuk memastikan bahwa model jaringan sudah cukup representatif untuk memodelkan kondisi jaringan eksisting. Selanjutnya, baru ditambahkan data karakteristik PLTBm Senoni untuk dapat memodelkan dampak operasi PLTBm Senoni terhadap kondisi operasi jaringan distribusi.

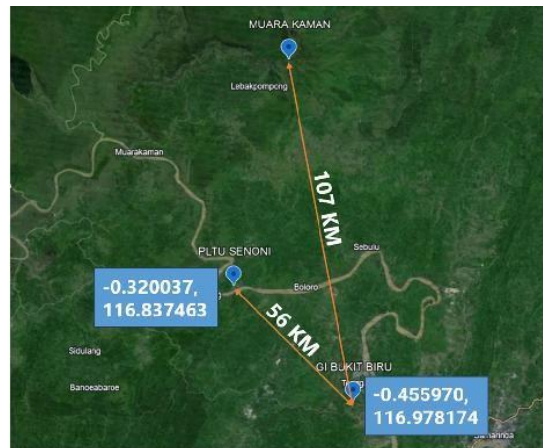
Selanjutnya dilakukan analisa untuk membandingkan hasil simulasi sebelum dan sesudah pengoperasian PLTBm. Beberapa simulasi akan dilakukan untuk mencari kondisi operasi yang paling optimal pada PLTBm Senoni dengan memperhitungkan parameter operasi di antaranya jatuh tegangan, kuat hantar arus terhadap besaran penampang, susut distribusi, dan kerawanan sistem distribusi. Selain itu, juga akan dilakukan simulasi penambahan beban di sekitar sub-sistem Senoni, baik karena penyambungan pelanggan baru, manuver beban, maupun *natural growth*.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai data-data yang diambil dalam pembuatan simulasi, serta pengolahan data menggunakan aplikasi Power Factory 15.1. Berdasarkan hasil simulasi yang dibuat kemudian dilakukan analisis untuk mengetahui dampak operasi PLTBm Senoni terhadap kondisi kelistrikan di daerah Sebulu serta perbaikan sistem dalam pemenuhan optimasi operasi.

Data pembangkit listrik *excess power* yang akan disimulasikan adalah sebagai berikut:

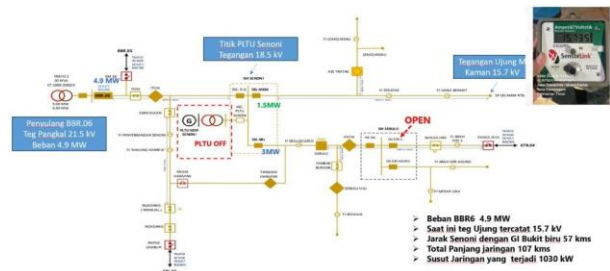
- a. Jenis pembangkit: PLTBm (Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa)
- b. Rencana kapasitas *excess*:  $2 \times 5$  MW
- c. Tegangan suplai: 20 kV



Gambar 2. Peta lokasi Gardu Induk-PLTBm

Data profil penyulang yang akan disuplai pembangkit *excess power*:

- a. Unit PLN: PT PLN (Persero) ULP Tenggarong
- b. Gardu induk terdekat: Bukit Biru
- c. Kapasitas trafo tenaga: 60 MVA
- d. Penyulang suplai ke PLTBm: BBR.06
- e. Beban penyulang BBR.6: 4,7 MW
- f. Tegangan suplai: 21,5 kV
- g. Panjang penyulang: 107 Kms
- h. Luas penampang: 150 mm-70 mm
- i. Tegangan di lokasi Sebulu: 15,73 kV
- j. Jarak GI-PLTBm: 56 km



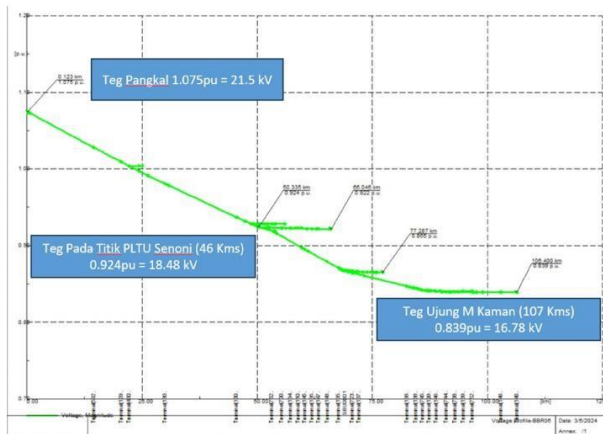
Gambar 3. Single line penyulang BBR.6

**Tabel 1.** Hasil pengukuran beban maksimum dan rata-rata GI Bukit Biru (MW)

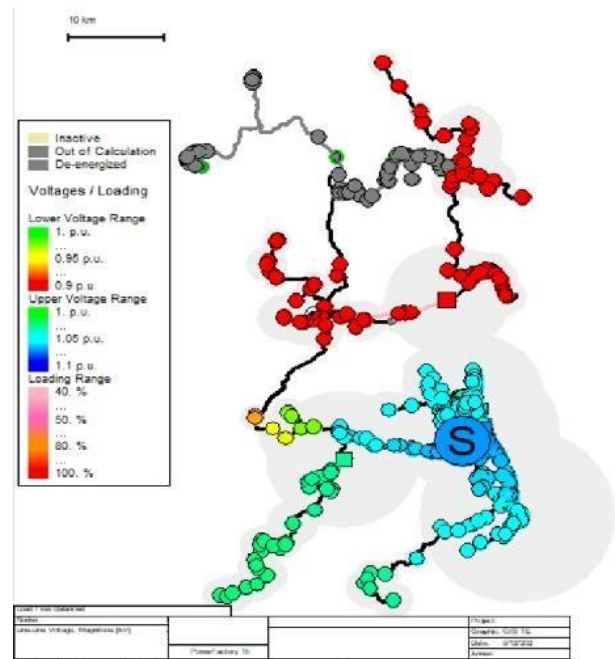
FEEDER	BP MAX	BP AVERAGE
	BP BULANAN	BP AVERAGE
GI BUKIT BIRU	29,7	27,58
INC.01.BBR	22,9	21,12
INC.02.BBR	24,7	7,77
BBR.01	8,7	8,14
BBR.02	7	6,47
BBR.03	4	3,60
BBR.04	2,467	1,95
BBR.05	2,8	2,57
BBR.06	5,4	4,72
BBR.07	2,8	2,12

Single line diagram serta hasil pengukuran beban penyulang di GI Bukit Biru ditunjukkan pada Gambar 3 dan Tabel 1. Setelah dilakukan pengumpulan data teknik dan operasional, maka data tersebut dimasukkan ke dalam aplikasi Digsilent Power Factory 15.1 untuk mensimulasikan kondisi sebelum PLTBm beroperasi, misalnya kondisi tegangan, pembebanan penyulang terhadap kuat hantar arus, termasuk kondisi susut distribusi. Hasil simulasi tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran aktual untuk memastikan bahwa model yang digunakan sudah merepresentasikan kondisi jaringan distribusi eksisting.

Hasil simulasi pada GI Bukit Biru dan Penyulang BBR.06 yang menuju PLTBm Senoni ditunjukkan pada Gambar 4. Berdasarkan simulasi tersebut, cukup jelas bahwa semakin jauh dari sumber, maka tegangan di penyulang tersebut akan semakin rendah. Bahkan, di ujung penyulang, tegangannya turun hingga mencapai ±16 kV. Hal ini mengindikasikan adanya kendala tegangan *drop* pada ujung penyulang tersebut dan berpotensi adanya penurunan kualitas pelayanan listrik di daerah tersebut.



**Gambar 4.** Profil tegangan penyulang BBR.06



**Gambar 5.** Kondisi profil tegangan penyulang BBR.06 tanpa PLTBm Senoni

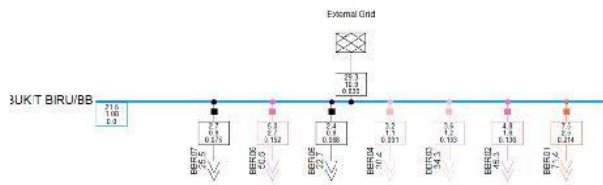
Profil tegangan pada penyulang BBR.06 dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan gambar tersebut, tegangan pangkal penyulang BBR.06 dari GI Bukit Biru sebesar 1,075 p.u atau setara dengan 21,5 kV. Hal ini dilakukan dengan menjadikan GI Bukit Biru sebagai *slack node* dan menyesuaikan *setting* tegangan pada *slack node* dengan *setting* tegangan sesuai dengan *logsheet* catatan operasi Gardu Induk. Tegangan di sekitar lokasi PLTB Senoni, yang lokasinya sejauh 46 Kms dari pangkal penyulang, berdasarkan hasil simulasi adalah sebesar 0,924 p.u atau setara dengan 18,48 kV.

Tegangan pada ujung penyulang BBR.06, dengan jarak 107 Kms dari pangkal penyulang, berdasarkan hasil simulasi adalah sebesar 0,839 p.u atau 16,78 kV. Jika mengacu pada data hasil pengukuran, untuk tegangan ujung terukur sebesar 15,7 kV sehingga hanya terdapat deviasi ±1 kV antara hasil simulasi dan pengukuran dan mengkonfirmasi adanya permasalahan tegangan *drop* di daerah Sebulu yang sudah cukup jauh dari standar tegangan pelayanan di TM yaitu sebesar 18 kV (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2009).

PowerFactory 15.1.7		Project: 3/6/2024	
Load Flow Calculation			
AC Load Flow, balanced, positive sequence		Automatic Model Adaptation for Convergence	
Automatic Tap Adjust of Transformers		No	
Consider Reactive Power Limits		No	
		Max. Acceptable Load Flow Error for Model Equations	
		10.00 kVA	
		0.10 %	
Total System Summary			
Study Case: Study Case		Annex: / 1	
No. of Substations	801	No. of Bussbars	749
No. of 2-w Trf.s.	0	No. of 3-w Trf.s.	0
No. of Loads	742	No. of Terminals	4038
		No. of syn. Machines	0
		No. of 2-w Trf.s.	0
		No. of 3-w Trf.s.	0
		No. of asyn. Machines	0
Generation	= 0.00 MW	0.00 Mvar	0.00 MVA
External Infeed	= 29.25 MW	10.93 Mvar	31.23 MVA
Load P(U)	= 27.74 MW	9.12 Mvar	29.20 MVA
Load P(W)	= 27.74 MW	9.12 Mvar	29.20 MVA
Load P(U+W)	= 0.00 MW	0.00 Mvar	0.00 MVA
Motor Load	= 0.00 MW	0.00 Mvar	0.00 MVA
Grid Losses	= 1.63 MW	2.38 Mvar	
Line Charging	= 0.00 MW	-0.03 Mvar	
Compensation ind.	= 0.00 MW	0.00 Mvar	
Compensation cap.	= 0.00 MW	0.00 Mvar	
Installed Capacity	= 0.00 MW		
Spinning Reserve	= 0.00 MW		
Total Power Factor:			
Generation	= 0.00 [-]		
Loads/Motor	= 0.95 / 0.00 [-]		

Gambar 6. Laporan hasil simulasi load flow GI Bukit Biru

Selanjutnya, perhitungan susut jaringan untuk sistem GI Bukit Biru ditunjukkan pada Gambar 6. Berdasarkan hasil simulasi, susut jaringan adalah 1,63 MW (5,6%) dari total beban GI Bukit Biru. Sedangkan untuk hasil simulasi beban penyulang dan beban Gardu Induk di GI Bukit Biru ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Beban GI Bukit Biru dan Penyulang hasil simulasi Power Factory 15.1

Hasil simulasi yang telah dibuat selanjutnya dibandingkan dengan kondisi aktual hasil pengukuran yang ada di lapangan. Perbandingan tersebut meliputi beban penyulang dan beban gardu induk, tegangan pangkal atau tegangan kirim, tegangan pada titik rencana PLTBm dan tegangan ujung. Pada Tabel 2 disajikan ringkasan verifikasi hasil simulasi dengan kondisi aktual.

Tabel 2. Hasil validasi kondisi aktual dengan hasil simulasi

	Kondisi Aktual	Hasil Simulasi	%Delta Perbandingan
Beban GI Bukit Biru	29.7	29.25	1.52%
Beban Penyulang R.6	5.4	5.0	7.41%
Tegangan Pangkal Kirim	21.5	21.5	0.00%
Tegangan di Titik PLTBm	18.5	18.48	0.11%

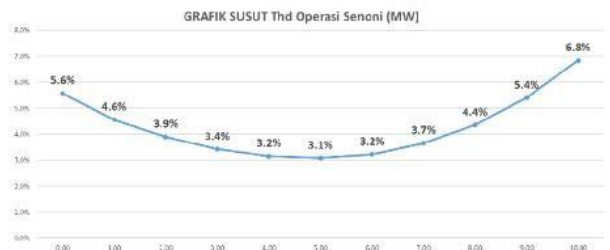
Tegangan Ujung 15.7 16.78 -6.88%

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa deviasi antara hasil simulasi dengan kondisi aktual berkisar antara 0-7,41% dengan deviasi terbesar pada parameter beban penyulang. Di mana kondisi aktual menunjukkan beban penyulang adalah sebesar 5,4 MW sedangkan berdasarkan hasil simulasi, beban penyulang tersebut adalah sebesar 5,0 MW sehingga terdapat deviasi sebesar 7,41%. Hal ini berkorelasi dengan adanya deviasi pada parameter tegangan ujung hasil simulasi yang sebesar 6,88% terhadap hasil pengukuran, di mana tegangan ujung hasil simulasi lebih tinggi dari tegangan ujung hasil pengukuran. Dengan demikian, secara umum model tersebut cukup representatif untuk dapat digunakan sebagai model untuk melakukan analisis dampak skema operasi PLTBm Senoni.

Setelah melakukan validasi terhadap model yang digunakan, maka langkah selanjutnya ialah melakukan simulasi skema operasi PLTBm pada jaringan eksisting tanpa melakukan perubahan pola operasi dan pembebanan. Beberapa skema operasi beban yang disuplai dari PLTBm dibuat simulasinya, untuk mengetahui operasi PLTBm yang optimum dan menghasilkan susut yang paling rendah terhadap perubahan penyulang BBR.06. Hasil simulasi variasi pola pembebanan PLTBm Senoni mulai dari 0-10 MW ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 8.

Tabel 3. Dampak variasi pola pembebanan PLTBm Senoni

Unitas	Satuan	TABEL SUSUT THD OPERASI SENONI									
Beban PLTBm Senoni	MW	0.00	1.80	3.60	5.40	7.20	9.00	10.80	12.60	14.40	16.20
Beban GI Bukit Biru	MW	29.25	28.65	28.75	28.63	28.55	28.64	28.99	29.21	29.41	29.61
Beban GI BBR.06	MW	1.80	1.32	1.12	1.08	0.9	0.88	0.92	1.28	1.28	1.23
Totale	MW	30.85	30.63	30.63	30.31	30.07	30.46	31.18	31.90	32.90	33.44
Susut	MW / Bulan	0	156,345	257,000	427,600	607,920	788,000	967,800	1,146,480	1,324,800	1,502,880
Susut	% / Bulan	0	0.5068	0.8363	1.3881	2.0062	2.5841	3.1620	3.7399	4.3158	4.8917

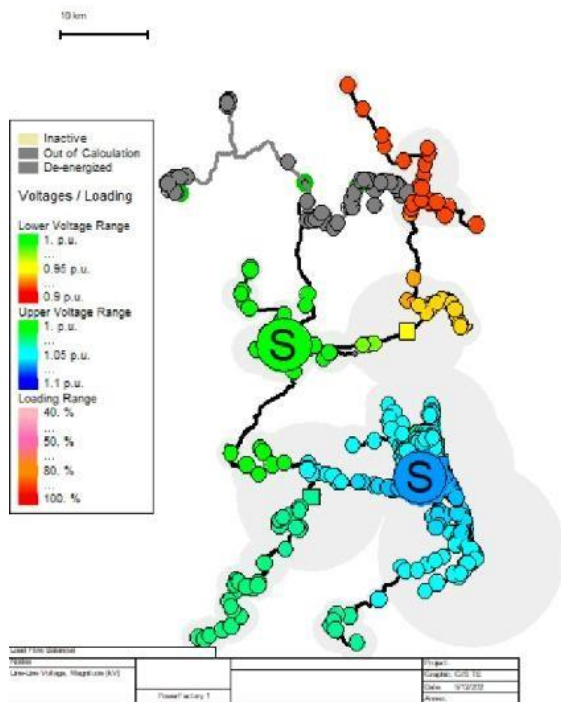


Gambar 8. Hasil simulasi susut penyulang BBR.06 dengan variasi pola pembebanan PLTBm Senoni

Berdasarkan simulasi tersebut, susut jaringan awalnya semakin menurun dengan semakin bertambahnya suplai dari PLTBm Senoni. Susut minimum terjadi saat PLTBm Senoni beroperasi dengan beban 5 MW. Pada saat beban 5 MW tersebut, beban penyulang BBR.06 hampir seluruhnya dipasok dari PLTBm Senoni dan hanya sedikit yang disuplai dari GI. Kondisi ini merupakan kondisi yang paling optimal, di mana nilai susut distribusi turun menjadi 3,1% dari

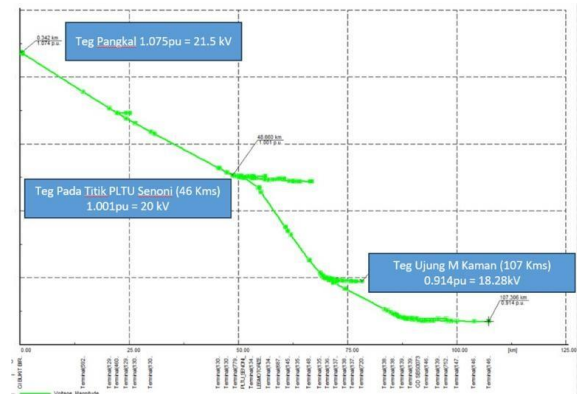
semula 5,6% saat PLTBm Senoni tidak beroperasi. Setelah titik optimal tersebut, susut jaringan kembali naik seiring dengan peningkatan beban pada PLTBm Senoni.

Profil tegangan penyulang BBR.06 saat PLTBm beroperasi pada beban optimum 5 MW dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10. Pada simulasi tersebut, tegangan pangkal pada GI Bukit biru dijaga tetap berada pada angka 1,075 p.u atau 21,5 kV. Kenaikan tegangan terjadi pada titik PLTBm Senoni yang berjarak 46 Kms dari pangkal penyulang, yang semula tegangannya sebesar 18,48 kV naik menjadi 20 kV sehingga terdapat kenaikan sebesar 1,52 kV. Sedangkan pada titik tegangan ujung di penyulang BBR.06 yang semula nilai tegangannya 16,78 kV juga mengalami kenaikan menjadi 18,28 kV atau naik sebesar 1,5 kV. Dengan demikian, tegangan di ujung penyulang BBR.06 tersebut sudah memenuhi standar mutu tegangan menengah sebagaimana dipersyaratkan dalam standar mutu pelayanan (TMP).



Gambar 9. Kondisi profil tegangan penyulang BBR.06 pada beban PLTBm Senoni Optimal (5 MW)

Dalam gambar tersebut juga dapat dilihat bahwa pada kondisi beban optimum tersebut, yaitu dengan *output* PLTBm Senoni sebesar 5 MW didapatkan kondisi pembebanan penyulang masih dalam kondisi normal dan tidak ada yang mengalami *overload*. Sedangkan besaran susut pada jaringan adalah sebesar 0,88 MW atau 3,1% seperti terlihat pada Gambar 11.

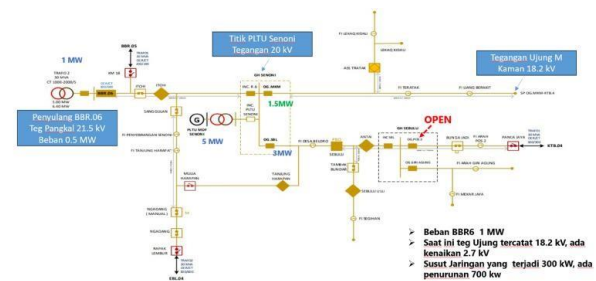


Gambar 10. Profil tegangan BBR.06 pada saat PLTBm Senoni Optimum (5 MW)

Load Flow Calculation		Total System Summary	
AC Load Flow, balanced, positive sequence	No	Automatic Model Adaptation for Convergence	No
Automatic Tap Adjust of Transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for Nodes	10.00 kVA
Consider Reactive Power Limits	No	Model Equations	0.10 %
Total System Summary		Study Case: Study Case	Annex: / 1
No. of Substations	801	No. of Busbars	740
No. of 2-w Trfs.	0	No. of 3-w Trfs.	0
No. of Loads	742	No. of Shunts	0
Generation	= 0.00 Mw	Mvar	0.00 Mvar
External Infeed	= 28.50 Mw	Mvar	30.21 Mvar
Load P(U)	= 27.74 Mw	Mvar	29.28 Mvar
Load P(Ln)	= 27.74 Mw	Mvar	29.28 Mvar
Load P(U+L)	= 0.00 Mw	Mvar	0.00 Mvar
Motor Load	= 0.00 Mw	Mvar	0.00 Mvar
Grid Losses	= 0.88 Mw	Mvar	1.03 Mvar
Line Charging	= -0.03 Mw	Mvar	-0.03 Mvar
Compensation Ind.	= 0.00 Mw	Mvar	0.00 Mvar
Compensation Cap.	= 0.00 Mw	Mvar	0.00 Mvar
Installed Capacity	= 0.00 Mw		
Spinning Reserve	= 0.00 Mw		
Total Power Factor:			
Generation	= 0.00 [-]		
Load/Motor	= 0.95 / 0.00 [-]		

Gambar 11. Hasil perhitungan *load flow* pada kondisi optimal PLTBm 5 MW

Simulasi selanjutnya adalah untuk mengetahui suplai PLTBm Senoni yang paling optimal apabila terdapat penambahan beban di penyulang BBR.06. Penambahan beban ini dapat berasal dari penyambungan calon pelanggan baru, manuver beban eksisting, maupun *natural growth*. Daftar potensi pelanggan besar yang akan masuk pada penyulang BBR. 06 dapat dilihat pada Tabel 4. Terdapat potensi penambahan beban dari 6 calon pelanggan dengan estimasi total daya tersambung sebesar 2.119 kVA. Apabila tambahan beban tersebut diproyeksikan masuk pada penyulang BBR. 06 dengan estimasi nilai *Load Factor* sebesar 0,7, maka akan terdapat tambahan beban sebesar 1483 kW.



Gambar 12. Single line diagram BBR.06 dan titik manuver dengan KTB.4

**Tabel 4.** Potensi pelanggan pada penyulang BBR. 06

No	Potensi Pelanggan	Supply Penyulang	Potensi Daya Tersambung (kVA)
1	Masindo	BBR. 06	555
2	PT Sawit Kaltim Lestari	BBR. 06	240
3	PT Bukit Menjangan	BBR. 06	690
4	PDAM Benua Puhun	BBR. 06	197
5	PT Petra	BBR. 06	240
6	PT Akmal Jaya	BBR. 06	197
Total Daya Tersambung (kVA)			2119

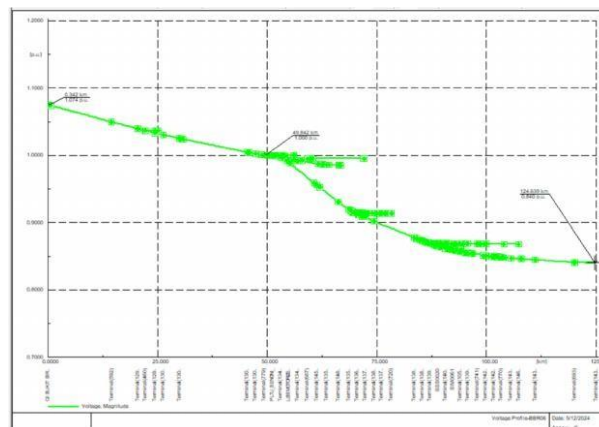
Selain potensi penambahan beban pelanggan baru tersebut, terdapat juga potensi penambahan beban dengan melakukan manuver beban jaringan lain ke penyulang BBR.06. Dalam kajian ini akan dilakukan manuver beban OG Pos 2 pada GH Sebulu yang semula disuplai dari penyulang KTB.4 sedemikian hingga disuplai dari penyulang BBR.06. *Single line diagram* BBR.06 serta titik manuver dengan KTB.4 ditunjukkan pada Gambar 13.

Manuver ini dimaksudkan untuk perbaikan tegangan, mengingat lokasi GH Sebulu dan OG Pos 2 tersebut lebih dekat dengan PLTBm Senoni dibandingkan dengan pangkal KTB.4 yaitu di GI Kota Bangun. Dengan demikian, selain berdampak pada perbaikan tegangan di OG Pos 2, manuver ini juga diharapkan akan mengoptimalkan penyerapan daya PLTBm Senoni.

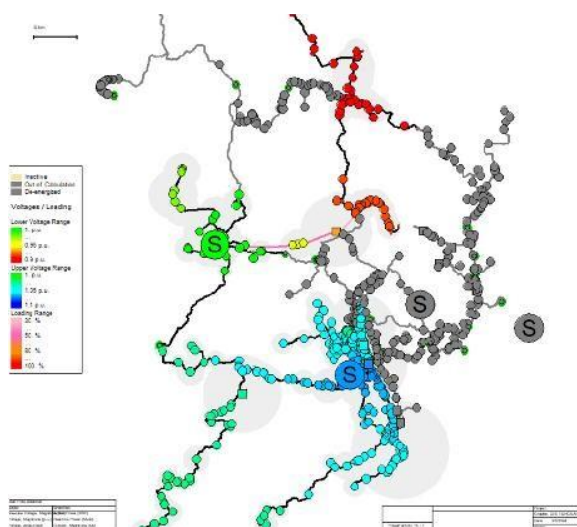
Profil tegangan pada penyulang BBR.06 berdasarkan hasil simulasi menggunakan Power Factory 15.1 ditunjukkan pada Gambar 14 dan Gambar 15. Berdasarkan simulasi tersebut permasalahan *drop* tegangan kembali terjadi sebagai dampak adanya penambahan beban. Tegangan *drop* ini terjadi di sepanjang penyulang yang dilakukan penambahan beban, sehingga tegangan pada ujung penyulang turun hingga 16,8 kV. Tegangan yang masih di atas standar 18 kV berjarak maksimal 75 km dari pangkal penyulang. Meskipun demikian, untuk kondisi jaringan masih belum ada ruas jaringan yang mengalami *overload*, namun terdapat *section* yang bebannya sudah >50% kapasitas jaringan distribusi.

Hasil simulasi variasi pembebanan PLTBm terhadap susut jaringan ditunjukkan pada Tabel 5 dan Gambar 15. Berdasarkan hasil simulasi, setelah dilakukan penambahan beban, susut jaringan pada kondisi yang paling optimal saat PLTBm Senoni mensuplai sebesar 7 MW ke penyulang BBR.06. Pada kondisi optimal ini, susut jaringan mencapai sebesar 3,4%. Terdapat kenaikan 0,3% apabila dibandingkan

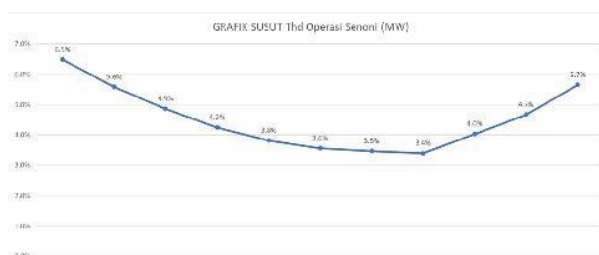
dengan susut jaringan pada kondisi optimal sebelum dilakukan penambahan beban. Selaras dengan hasil simulasi sebelumnya, hasil simulasi dengan penambahan beban ini kembali mengindikasikan bahwa susut jaringan pada kondisi yang paling rendah saat suplai dari GI diminimalkan.



**Gambar 13.** Profil tegangan BBR.06 setelah penambahan beban



**Gambar 14.** Hasil simulasi PLTBm kondisi optimum dengan penambahan beban



**Gambar 15.** Hasil simulasi susut distribusi terhadap operasi PLTBm Opsi 2

Tabel 5. Skema pembebanan PLTBm

Uraian	Satuan	TABEL SUSUT THD OPERASI SENONI										
		6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	
Beban R.R	MW	31,79	31,5	31,25	31,06	30,91	30,81	30,81	30,86	30,88	31,2	31,5
Beban GI Rumah Btu	MW	2,08	1,76	1,52	1,32	1,18	1,1	1,02	1,05	1,05	1,06	1,08
Beban GI Rumah Btu	MW	2,08	1,76	1,52	1,32	1,18	1,1	1,02	1,05	1,05	1,06	1,08
Distribusi	TH	6,5%	5,8%	4,9%	4,2%	3,8%	3,8%	3,5%	3,4%	4,0%	4,7%	5,7%
Susut	100% / Beban	0	131,200	277,100	372,200	443,500	483,800	498,500	509,000	498,200	502,600	513,100
Susut	Rp / Beban	0	181.480.000	376.250.000	497.120.000	570.220.000	650.650.000	528.750.000	510.840.000	489.880.000	502.480.000	510.340.000
Beban Senoni	MW	0	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00

**KESIMPULAN**

Berdasarkan evaluasi yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa PLTBm Senoni secara teknis dapat dinyatakan layak untuk dioperasikan dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Bahwa pemanfaatan biomass sudah sejalan dengan Kebijakan Energi Nasional dan sudah didukung dengan regulasi yang memadai untuk dapat dimanfaatkan oleh PLN sesuai dengan kebutuhan.
2. Beroperasinya PLTBm Senoni dapat memperbaiki profil tegangan pelayanan di daerah Sebulu dengan menaikkan tegangan ujung yang semula 16,78 kV menjadi hingga 18,28 kV.
3. Selain perbaikan tegangan, beroperasinya PLTBm Senoni juga dapat mengurangi susut jaringan secara signifikan dari semula 5,6% menjadi 3,1% dengan kondisi beban saat ini, serta dari semula 6,55% menjadi 3,4% apabila terdapat penambahan beban dari penyambungan pelanggan baru atau manuver beban.
4. Besaran susut jaringan bervariasi terhadap besaran daya yang disuplai dari PLTBm Senoni. Susut jaringan dalam kondisi yang paling optimal saat beban yang disuplai oleh PLTBm Senoni mendekati beban penyulangannya sehingga meminimalkan suplai dari GI.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih disampaikan kepada segenap jajaran PLN UID Kalimantan Timur dan Kalimantan Utara yang telah memberikan data-data primer berupa *single line digram*, data beban trafo dan penyulang serta penyediaan fasilitas untuk melakukan simulasi dengan Digsilent Power Factory 15.

**DAFTAR PUSTAKA**

Ansori, M. A., Handajadi, W., & Santoso, G. (2019). Analisa Drop Tegangan Pada Sistem Jaringan Tegangan Menengah Pt. Pln (Persero) Apj Yogyakarta 20 Kv Menggunakan Software Etap 16.0. *Jurnal Elektrikal*, 6(1), 41-47.

Asmalyah, S. (2015, 9 April). *Dua PLTU Kaltim Siap Dioperasikan*. [Halaman Web]. Diakses dari <https://kaltim.antaranews.com/berita/24884/dua-pltu-di-kaltim-siap-dioperasikan>

Fang, W. L., & Ngan, H. W. (2002). Succinct method for allocation of network losses. *IEEE Proceedings-Generation, Transmission and Distribution*, 149(2), 171-174.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2009). *Peraturan Menteri ESDM Nomor 4 Tahun 2009 tentang Aturan Distribusi Tenaga Listrik*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2022). *Peraturan Menteri ESDM Nomor 10 Tahun 2022 tentang Tata Cara Permohonan Persetujuan Harga Jual Tenaga Listrik dan Sewa Jaringan Tenaga Listrik dan Tata Cara Permohonan Penetapan Tarif Tenaga Listrik*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Li, H., Cui, H., & Li, C. (2019). Distribution network power loss analysis considering uncertainties in distributed generations. *Sustainability*, 11(5), 1311.

Lubis, A. (2007). Energi terbarukan dalam pembangunan berkelanjutan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 8(2).

Pemerintah Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional*. Pemerintah Republik Indonesia

Pramono, T. J., Erlina, E., Soewono, S. & Fatimah, F. (2018). Analisis Drop Tegangan pada Jaringan Tegangan Menengah Menggunakan Simulasi Program ETAP. *Jurnal Energi & Kelistrikan*, Vol. 10 No.1.

Sugianto, S., & Untara, P. (2019). STUDI SUSUT ENERGI PADA SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK MELALUI ANALISIS PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN. *SINUSOIDA*, 21(2), 39-56.