

Analisa Kualitas Penyaluran Daya Pada Sistem Distribusi Siborong-Borong Sumatera Utara Dengan Pengaturan Sistem Injeksi Pembangkit Tersebar

Irnanda Priyadi, Ika Novia Angrgraini, Rahmat Gustiawan
Prodi Teknik Elektro, Universitas Bengkulu
E-mail: Irnanda_P@unib.ac.id

ABSTRAK

Sistem Distribusi Siborong-Borong Sumatera Utara saat beroperasi pada kondisi Luar Waktu Beban Puncak (LWBP) menghasilkan rugi-rugi saluran yang cukup besar. Untuk mengatasi permasalahan ini digunakan beberapa alternatif solusi, antara lain dengan cara memberikan suplai tambahan daya ke dalam sistem dari sumber pembangkit yang tersebar dari luar sistem. Artikel ini membahas pengaturan sistem injeksi pembangkit tersebar ke sistem Distribusi Siborong-Borong untuk mengurangi rugi-rugi daya dalam penyaluran daya menggunakan simulasi program ETAP.

Dari hasil simulasi diperoleh kesimpulan bahwa semakin besar kapasitas injeksi daya yang diberikan oleh pembangkit tersebar dari sumber energi terbarukan, maka semakin besar susut daya yang dihasilkan sistem. Dari hasil variasi kapasitas injeksi pembangkit tersebar untuk kondisi luar waktu beban puncak (2MW - 9MW). Diperoleh angka rugi-rugi daya sebesar 0,093 MW untuk kapasitas injeksi suplai 2 MW dan angka rugi-rugi daya sebesar 2,098 MW untuk kapasitas injeksi suplai 9 MW.

Kata Kunci : Sistem Distribusi, Sistem Injeksi, Aplikasi Program ETAP, Luar Waktu Beban Puncak (LWBP)

1 PENDAHULUAN

Saat ini listrik sudah menjadi kebutuhan utama (primer) bagi manusia. Permasalahan listrik beberapa tahun ini menjadi polemik berkepanjangan sehingga memunculkan berbagai kondisi dalam kehidupan manusia. Kondisi kelistrikan di Indonesia dihadapkan kepada berbagai permasalahan, seperti masalah ketersediaan energi primer, ketersediaan pembangkit yang tidak seimbang dengan pertumbuhan permintaan tenaga listrik, sehingga pembangkit listrik yang sudah ada tidak mampu mencukupi kebutuhan tersebut. Penambahan sumber energi alternatif dari energi terbarukan menjadi salah satu solusi untuk mengatasi kebutuhan akan listrik.

Sistem Distribusi Siborong-borong penyulang SB-02 saat ini eksisting terkoneksi dengan PLTM Hutaraja yang saat Luar Beban Puncak (LWBP) terjadi rugi-rugi saluran yang cukup besar, maka diperlukan solusi untuk mengurangi rugi rugi saluran tersebut. Artikel ini membahas alternative solusi untuk mengurangi rugi-rugi saluran yang terjadi pada sistem distribusi Siborong-borong dengan melakukan sistem pengaturan injeksi daya dari luar sistem yang sudah ada menggunakan pembangkit tersebar dari sumber energi listrik terbarukan. Sistem pengaturan injeksi akan dilakukan menggunakan simulasi program ETAP.

2. Kerangka Teoritis Dan Pengembangan Hipotesis

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (bulk power source) dibawah 20 kV sampai ke konsumen. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikan tegangannya di Gardu Induk (GI) dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 150kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ($I^2.R$). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan semakin kecil.

a. Distributed Generation

Pembangkit tersebar atau biasa disebut dengan DG (Distributed Generation) adalah pembangkit skala kecil dan menengah dengan kisaran daya yang dihasilkan antara 15 kW sampai dengan 10 MW, yang disambungkan pada sistem distribusi [1]. Biasanya DG ini ditempatkan pada bus yang langsung menyuplai pusat beban dan atau pada gardu induk distribusi. Berdasarkan fungsinya, DG dibedakan atas dua macam yaitu sebagai unit yang difungsikan untuk mengantisipasi apabila terjadi pemutusan dari suplai daya grid (stand by unit) atau

difungsikan sebagai unit yang dipasang pada jam-jam beban puncak (peaking unit). [2]

Kelebihan sistem DG ini dibanding sistem kelistrikan yang terpusat adalah dapat beroperasi secara independen, tidak memerlukan wilayah pengoperasian yang besar dan rumit, jaringan transmisi atau jaringan distribusi pendek dan dapat menggunakan sumber energi pembangkitan yang bersesuaian dengan kawasan yang akan dilistriki. Pembangkitan terdistribusi dapat mengurangi rugi-rugi energi pada penyaluran listrik karena pemasangannya dekat dengan pengguna dan dapat mengurangi jumlah talian daya (konduktor) yang harus dibangun. Penggunaan DG sangat bermanfaat terutama pada konsumen-konsumen yang sangat jauh dari sumber pembangkit utama misalnya pada daerah-daerah terpencil.

b. Penelitian Terkait

Penelitian terkait mengenai analisis rugi-rugi daya sistem distribusi dengan peningkatan injeksi jumlah pembangkit tersebar melakukan analisa yakni scenario interkoneksi pada penyulang dampit kabupaten Malang menunjukkan dampak yang signifikan terhadap naiknya profil tegangan untuk semua bus dan mengurangi rugi-rugi daya yang terjadi pada penyulang Dampit. Dampak pada level tegangan, skenario injeksi pembangkit tersebar yang diterapkan menunjukkan hasil terbaik pada scenario 5 yaitu level tegangan naik dari -10% menjadi -1% atau dari 0,90 p.u menjadi 0,99 p.u. Dampak pada rugi-rugi daya, skenario injeksi pembangkit tersebar yang diterapkan menunjukkan hasil terbaik pada scenario 2 yaitu besarnya rugi-rugi daya menurun dari 0.040 + j0.078 MVA atau dari 4,37% menjadi 1,05% untuk daya aktif (P) dan 10,98% menjadi 1,98% untuk daya reaktif (Q) [3].

Penelitian selanjutnya mengenai analisa kualitas penyaluran daya pada sistem 20 kV painan terhadap interkoneksi dengan PLTM Lumpo 3 MW melakukan penelitian penyambungan PLTM lumpo terhadap jaringan distribusi yang akan dibangun di Nagari Limau Gadang Lumpo, Kecamatan IV Jurai, Kabupaten Pesisir Selatan. PLTM Lumpo memiliki kapasitas daya 3000 kW dan akan interkoneksi dengan jaringan listrik 20 kV PLN. Guna memastikan daya yang mampu diproduksi oleh PLTM Lumpo dapat terserap oleh beban maka diperlukan suatu analisa aliran daya untuk mendapatkan nilai tolak ukur untuk perbaikan jaringan kelistrikannya kedepan. Berdasarkan hasil analisa bahwa daya yang dapat diserap oleh beban adalah 100% pada saat beban puncak dan 42% pada beban normal dengan jatuh tegangan sistem kelistrikan adalah sebesar 18,954 kV [4].

c. Software ETAP

Etap merupakan software yang digunakan untuk melakukan desain/perencanaan sistem kelistrikan yang ada di suatu Industri atau Wilayah. Software ini sangat bermanfaat untuk melakukan berbagai analisa yang sangat membantu untuk mempermudah pekerjaan. Dalam perancangan dan analisa sebuah sistem tenaga listrik, sebuah software aplikasi sangat dibutuhkan untuk merepresentasikan kondisi real sebelum sebuah sistem direalisasikan. ETAP (Electric Transient and Analisis Program) Power Station merupakan salah satu software aplikasi yang digunakan untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik [5].

d. Studi Aliran Daya

Studi aliran daya di dalam sistem tenaga merupakan studi yang mengungkapkan kinerja dan aliran daya (nyata dan reaktif) untuk keadaan tertentu ketika sistem bekerja saat tunak (steady state). Tujuan utama studi aliran daya adalah untuk menentukan magnitud tegangan, sudut/vektor tegangan, aliran daya aktif dan daya reaktif pada saluran, serta rugi-rugi daya yang muncul dalam sistem tenaga.

Setiap titik/bus pada suatu sistem tenaga listrik terdapat daya aktif P, daya reaktif Q, tegangan E, dan sudut fasa tegangan δ . Jadi pada setiap bus terdapat empat besaran yaitu P, Q, E dan δ . Di dalam studi aliran daya, dua dari keempat besaran itu diketahui, dan dua yang lain perlu dicari. Berdasarkan hal tersebut di atas, bus-bus dibedakan menjadi tiga jenis yaitu bus beban, bus generator, dan bus berayun (slack bus) [6].

Gambar 2.1 Struktur Pembangkitan Daya Termoelektrik [9]

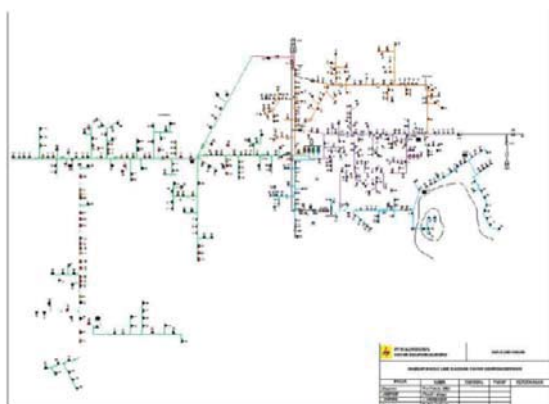
3. METODE RISET

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah simulasi menggunakan program ETAP Power Station 7.5 metode Newton Rhapsod dengan skema simulasi adalah jaringan sistem distribusi Siborong-borong eksisting dengan PLTM Hutaraja. [7]

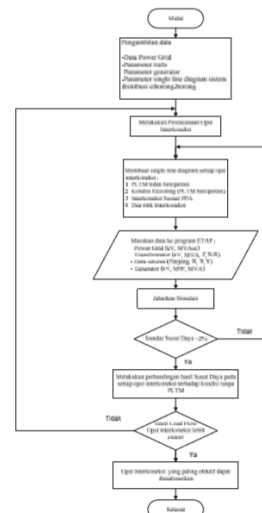
Data-data pendukung pada penelitian yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

1. Single line diagram sistem distribusi Siborong-borong
2. Data simpul penghantar
3. Data saluran
4. Data transformator
5. Data sistem proteksi

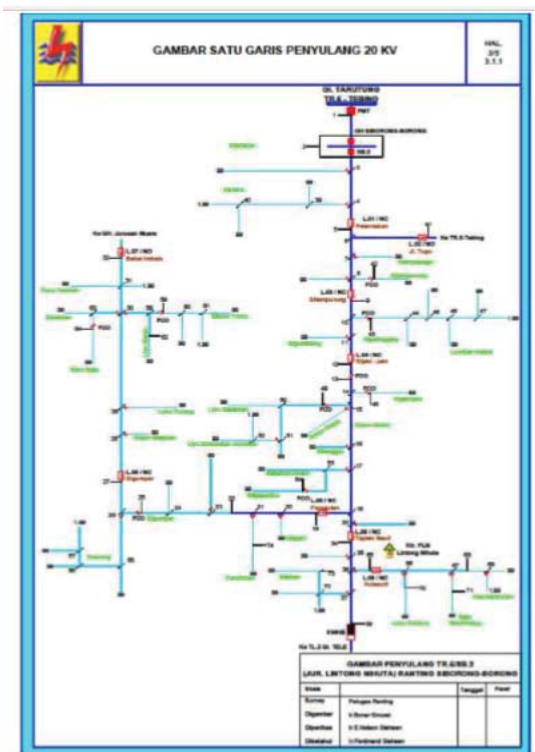
Berdasarkan data yang telah didapatkan maka dapat dilakukan simulasi aliran daya dan arus gangguan hubung singkat untuk melihat dampak terhadap sistem distribusi Siborong-borong.



Gambar 1. Single Line Diagram Sistem Distribusi Siborong-borong Kondisi Eksisting

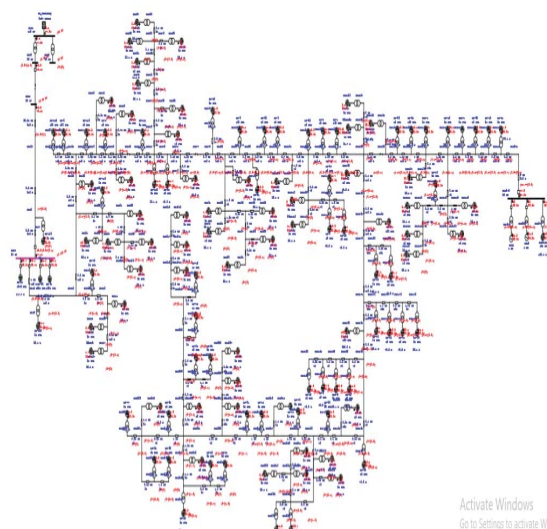


Gambar 3. Flowchart



Gambar 2. Data Simpul Penghantar Penyulang SB.02

Untuk perhitungan awal, menentukan jenis penghantar yang digunakan perlu dilakukan perhitungan kuat hantar arus untuk mengetahui jenis penghantar yang akan digunakan. Penghantar yang paling sering digunakan adalah jenis penghantar All Alloy Aluminium Conductor (AAAC). Berdasarkan data yang ada maka didapat KHA saluran. Berdasarkan perhitungan KHA jenis penghantar yang dapat digunakan adalah jenis AAAC dengan luas penampang 240 mm² dan 150 mm².

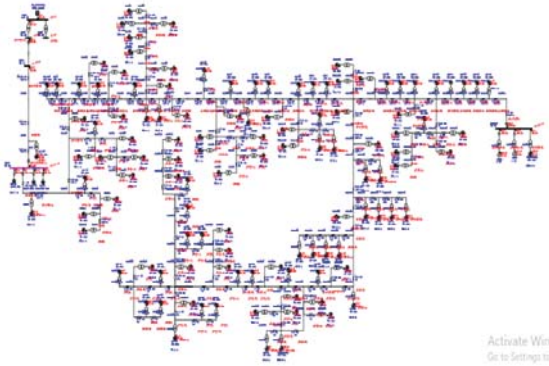


Gambar 4. Single Line Diagram Untuk Load Flow Injeksi 2 MW

Gambar flowchart dapat dijelaskan bahwa penelitian akan dilakukan pertama kali adalah dengan pengambilan data yang dibutuhkan dalam penelitian. Kedua yaitu membuat single line diagram setiap kondisi yang telah direncanakan menggunakan ETAP 7.5 dengan memasukan variabel-variabel data yang sudah diambil. Selanjutnya yaitu melakukan load flow pada setiap skema yang telah direncanakan.

4. Hasil Dan Pembahasan

Single Line Diagram dan Load Flow Analysis untuk injeksi daya 2 MW dan 3 MW sebagai berikut. Selanjutnya akan ditampilkan hasil load flow analysis untuk injeksi daya mulai dari 4 MW hingga 9 MW.



Gambar 5. Single Line Diagram Untuk Load Flow Injeksi 3 MW

Load Flow Analysis Untuk Injeksi 2 MW dan 3 MW

Project:	Studi Injeksi	ETAP	Page:	29
Location:	PLTM Hutanja	7.5.0	Date:	05-28-2019
Contract:			SN:	12345678
Engineer:		Study Case: LF	Revision:	Base
Filename:	PLTM Hutanja		Config:	Normal

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND

	MW	MVar	MVA	% PF
Source (Swing Buses):	1.320	1.062	1.694	77.93 Lagging
Source (Non-Swing Buses):	2.000	0.564	2.078	96.35 Lagging
Total Demand:	3.320	1.626	3.697	89.83 Lagging
Total Motor Load:	0.973	0.569	1.127	86.33 Lagging
Total Static Load:	2.255	1.114	2.515	89.65 Lagging
Total Constant I Load:	0.000	0.000	0.000	
Total Constant II Load:	0.000	0.000	0.000	
Apparent Losses:	0.003	-0.057		
System Mismatch:	0.000	0.000		

Number of Iterations: 3

Project:	Studi Injeksi	ETAP	Page:	29
Location:	PLTM Hutanja	7.5.0	Date:	05-28-2019
Contract:			SN:	12345678
Engineer:		Study Case: LF	Revision:	Base
Filename:	PLTM Hutanja		Config:	Normal

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND

	MW	MVar	MVA	% PF
Source (Swing Buses):	0.395	1.623	1.670	23.51 Lagging
Source (Non-Swing Buses):	3.000	0.141	3.003	99.69 Lagging
Total Demand:	3.395	1.764	3.824	88.72 Lagging
Total Motor Load:	0.973	0.569	1.127	86.33 Lagging
Total Static Load:	2.252	1.113	2.512	89.65 Lagging
Total Constant I Load:	0.000	0.000	0.000	
Total Constant II Load:	0.000	0.000	0.000	
Apparent Losses:	0.168	0.082		
System Mismatch:	0.000	0.000		

Number of Iterations: 3

Load Flow Analysis Untuk Injeksi 4 MW dan 5 MW

Project:	Studi Injeksi	ETAP	Page:	29
Location:	PLTM Hutanja	7.5.0	Date:	05-28-2019
Contract:			SN:	12345678
Engineer:		Study Case: LF	Revision:	Base
Filename:	PLTM Hutanja		Config:	Normal

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND

	MW	MVar	MVA	% PF
Source (Swing Buses):	-0.448	2.235	2.282	20.39 Leading
Source (Non-Swing Buses):	4.000	-0.195	4.005	99.98 Leading
Total Demand:	3.552	2.040	4.083	89.82 Lagging
Total Motor Load:	0.973	0.569	1.127	86.33 Lagging
Total Static Load:	2.244	1.039	2.508	89.83 Lagging
Total Constant I Load:	0.000	0.000	0.000	
Total Constant II Load:	0.000	0.000	0.000	
Apparent Losses:	0.329	0.382		
System Mismatch:	0.000	0.000		

Number of Iterations: 3

Project:	Studi Injeksi	ETAP	Page:	29
Location:	PLTM Hutanja	7.5.0	Date:	05-28-2019
Contract:			SN:	12345678
Engineer:		Study Case: LF	Revision:	Base
Filename:	PLTM Hutanja		Config:	Normal

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND

	MW	MVar	MVA	% PF
Source (Swing Buses):	-1.253	2.893	3.153	39.73 Leading
Source (Non-Swing Buses):	5.000	-0.450	5.020	99.40 Leading
Total Demand:	3.747	2.443	4.473	83.77 Lagging
Total Motor Load:	0.973	0.569	1.127	86.33 Lagging
Total Static Load:	2.220	1.102	2.488	89.65 Lagging
Total Constant I Load:	0.000	0.000	0.000	
Total Constant II Load:	0.000	0.000	0.000	
Apparent Losses:	0.544	0.772		
System Mismatch:	0.000	0.000		

Number of Iterations: 3

Load Flow Analysis Untuk Injeksi 6 MW dan 7 MW

Project:	Studi Injeksi	ETAP	Page:	29
Location:	PLTM Hutanja	7.5.0	Date:	05-28-2019
Contract:			SN:	12345678
Engineer:		Study Case: LF	Revision:	Base
Filename:	PLTM Hutanja		Config:	Normal

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND

	MW	MVar	MVA	% PF
Source (Swing Buses):	-1.890	3.594	4.100	48.32 Leading
Source (Non-Swing Buses):	6.000	-0.650	6.033	99.46 Leading
Total Demand:	4.020	2.946	4.996	80.47 Lagging
Total Motor Load:	0.973	0.569	1.127	86.33 Lagging
Total Static Load:	2.211	1.093	2.466	89.65 Lagging
Total Constant I Load:	0.000	0.000	0.000	
Total Constant II Load:	0.000	0.000	0.000	
Apparent Losses:	0.827	1.305		
System Mismatch:	0.000	0.000		

Number of Iterations: 3

Project:	Studi Simulasi	ETAP	Page:	28
Location:	PLTM Honega	7.5.0	Date:	05-28-2019
Contract:			SN:	12345678
Engineer:		Study Case: LF	Revision:	Base
Filename:	PLTM Honega		Config:	Normal

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND

	MW	Mvar	MVA	% PF
Source (Swing Bus):	-2.840	4.341	5.084	72.58 Leading
Source (Non-Swing Bus):	7.000	-0.716	7.019	99.41 Leading
Total Demand:	4.164	3.034	5.952	71.53 Lagging
Total Motor Load:	0.973	0.540	1.127	86.33 Lagging
Total Static Load:	2.187	3.081	2.440	89.61 Lagging
Total Converter Load:	0.000	0.000	0.000	
Total Genetic Load:	0.000	0.000	0.000	
Apparent Losses:	1.194	1.955		
System Mismatch:	0.000	0.000		

Number of Iterations: 3

Load Flow Analysis Untuk Injeksi 8 MW dan 9 MW

Project:	Studi Simulasi	ETAP	Page:	28
Location:	PLTM Honega	7.5.0	Date:	05-28-2019
Contract:			SN:	12345678
Engineer:		Study Case: LF	Revision:	Base
Filename:	PLTM Honega		Config:	Normal

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND

	MW	Mvar	MVA	% PF
Source (Swing Bus):	-0.234	3.320	0.072	33.28 Leading
Source (Non-Swing Bus):	0.000	-0.771	0.027	89.54 Leading
Total Demand:	4.740	4.303	6.441	73.89 Lagging
Total Motor Load:	0.973	0.540	1.127	86.33 Lagging
Total Static Load:	2.189	1.067	2.408	89.61 Lagging
Total Converter Load:	0.000	0.000	0.000	
Total Genetic Load:	0.000	0.000	0.000	
Apparent Losses:	1.434	2.720		
System Mismatch:	0.000	0.000		

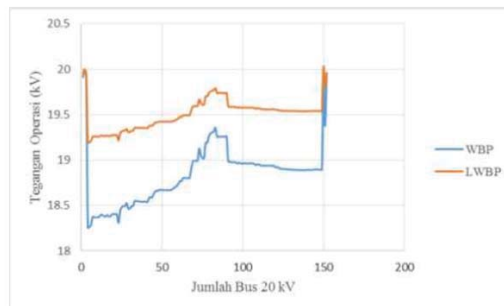
Number of Iterations: 4

Project:	Studi Simulasi	ETAP	Page:	29
Location:	PLTM Honega	7.5.0	Date:	05-28-2019
Contract:			SN:	12345678
Engineer:		Study Case: LF	Revision:	Base
Filename:	PLTM Honega		Config:	Normal

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND

	MW	Mvar	MVA	% PF
Source (Swing Bus):	-0.804	5.953	7.064	53.85 Leading
Source (Non-Swing Bus):	0.000	-0.735	0.030	99.67 Leading
Total Demand:	5.196	5.210	7.364	70.56 Lagging
Total Motor Load:	0.973	0.540	1.127	86.33 Lagging
Total Static Load:	2.125	1.030	2.370	89.66 Lagging
Total Converter Load:	0.000	0.000	0.000	
Total Genetic Load:	0.000	0.000	0.000	
Apparent Losses:	2.090	3.509		
System Mismatch:	0.000	0.000		

Number of Iterations: 4



Gambar 6. Grafik Profil Tegangan 20 KV

Profil Tegangan 20 kV

Berdasarkan simulasi aliran daya yang telah dilakukan maka dapat dilihat besar tegangan operasi pada setiap bus 20 kv pada sistem distribusi Siborong-borong. Profil tegangan hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 6. Berdasarkan hasil simulasi aliran daya maka dapat dilihat profil tegangan pada opsi titik interkoneksi eksisting. Hasil Simulasi dapat dilihat pada tabel di atas, dapat dijelaskan dengan membuat grafik profil tegangan saat kondisi eksisting Gambar 6 berikut.

Berdasarkan Gambar 6 maka dapat dijelaskan tegangan operasi setiap bus 20 kV pada sistem distribusi Siborong-borong, hasil simulasi didapatkan bahwa rata-rata tegangan operasi saat WBP adalah 18,7219 kV (hasil simulasi tidak dilampirkan) dan saat LWBP adalah 19,38059 kV. Rata-rata tegangan operasi pada sistem distribusi Siborong-borong sudah memenuhi SPLN 72 : 1987.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil simulasi terhadap variasi injeksi daya dari 2 MW hingga 9 MW ke sistem distribusi Siborong-borong didapatkan rugi-rugi saluran terkecil terjadi saat injeksi daya 2 MW sebesar 0,093 MW dan rugi-rugi saluran terbesar terjadi saat injeksi daya 9 MW sebesar 2,098 MW.

REFERENSI

[1] Brown, E, R., 2007, "Reliability Benefits Of Distributed Generation On Heavily Loaded Feeders", IEEE Trans

[2] Syafii, Syukri Yunus, dan Asrizal, 2014, "Analisa Pengaruh Integrasi Pembangkit Tersebar Dalam Sistem Komposit, Jurnal Nasional Teknik Elektro, Vol: 3 No. 1 Maret 2014 ISSN: 2302 – 2949

[3] Tirta, R., N., Suyono, H., Hasanah, N., R., 2012, "Analisis Rugi-Rugi Daya Sistem Distribusi

- Dengan Peningkatan Injeksi Jumlah Pembangkit Tersebar”, Fakultas Teknik Univ. Brawijaya.
- [4] Premadi, A., Ilmi, F., 2016, “Analisa Kualitas Penyaluran Daya Pada Sistem 20 KV Painan Terhadap Interkoneksi dengan PLTM Lumpo 3 MW”, Jurnal Teknik Elektro ITP, vol 5, no. 1
- [5] Lesnanto, P., M., Aridani, P., R., 2013, “Modul Pelatihan Etap”, Jurusan Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada
- [6] Stevenson, William ”Analisa Sistem Tenaga Listrik“, Edisi ke empat, Alih Bahasa Ir.Kemal Idris, Penerbit Airlangga, Jakarta
- [7] Gustiawan, R., Priyadi, I., Anggraini, I., N., 2018, “Analisis Susut Daya Interkoneksi Pltm Hutaraja Kapasitas 2x 2,5 Mw Terhadap Sistem Distribusi Siborong-Borong Sumatera Utara”, Fakultas Teknik Unib