Volume 6 Nomor 2 Juli 2024 JJEEE e-ISSN : 2715-0887
p-ISSN : 2654-7813

Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering

Analisa Aliran Daya Sistem Kelistrikan Gorontalo Akibat Masuknya Pelanggan Industri 150 KV

Analysis of the Power Flow on the Electricity Gorontalo System Due to the Entry of 150 KV Industrial Customers

Ilham Ismail
Prodi Teknik Elektro
Universitas Ichsan Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
ilhamismail@gmail.com

Frengki Eka Putra Surusa*
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Ichsan Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
kiki.alaska@gmail.com

Steven Humena
Program Studi Teknik Elektro
Universitas Ichsan Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
steven.humena@gmail.com

Diterima : Maret 2024
Disetujui : Juli 2024
Dipublikasi : Juli 2024

Abstrak- Saat ini di Kabupaten Pohuwato Kecamatan Popayato telah dibangun pabrik industri *wood* pellet atau pellet kayu oleh PT. Biomass Jaya Abadi (BJA). Untuk memenuhi kebutuhan listrik, energi listrik diambil dari pasokan listrik PLN melalui jaringan listrik teganagn tinggi 150 kV dan dibuat satu Gardu Induk (GI) khusus untuk melayani kebutuhan energi listriknya. Sehingga dikatakan sebagai pelanggan industri tegangan tinggi. Akibat masuknya pelanggan tegangan tinggi ini, maka akan mempengarui konfigurasi sistem kelistrikan yang sudah ada. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besar nilai tegangan, aliran beban dan rugi-rugi daya setelah masuknya pelanggan industri tegangan tingi 150 kV. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode Newton Rhapson dengan bantuan Software ETAP 19.01. Hasil simulasi dengan masuknya beban industri PT. BJA tersebut dapat memperbaiki profil tegangan pada setiap bus sistem kelistrikan Gorontalo 150 kV dan *outgoing* 20 kV. Rugi rugi daya setelah masuknya beban PT. BJA dapat memberikan persentase perbandingan sangat kecil. Sehingga dapat memberikan kemampuan sistem lebih baik

Kata kunci : Profil Tegangan, Rugi-rugi Daya dan PT.BJA**.**

Abstract - *Currently, in Pohuwato Regency, Popayato District, a wood pellet industry factory has been built by PT. Biomass Jaya Abadi (BJA). To meet electricity needs, electrical energy is taken from the PLN electricity supply through a 150 kV high-voltage electricity network and a special substation (GI) is made to serve its electrical energy needs. So it is said to be a high voltage customer. As a result of the entry of these high voltage customers, it will affect the configuration of the existing electrical system. The purpose of this study was to determine the value of voltage, load flow and power losses after the entry of 150 kV high voltage industrial customers. The method used in this study is the Newton Rhapson method with the help of ETAP 19.01 software. From the simulation results with the inclusion of PT. The BJA can improve the voltage profile on each bus of the 150 kV Gorontalo electrical system and 20 kV outgoing. Loss of power loss after the entry of PT. BJA can provide very small comparison percentages. So that it can provide better system capabilities*

Keywords: *Voltage Profile, Power Losses and PT. BJA*

I. PENDAHULUAN

Perencanaan sistem tenaga listrik terdiri atas tiga komponen utama yaitu: sistem pembangkitan, sistem transmisi dan distribusi, dan beban. Suplay daya listrik yang dibangkitkan oleh pembangkit harus sesuai dengan kebutuhan konsumen. Akan tetapi kenyataannya kebutuhan daya listrik yang diterima oleh konsumen setiap waktu berbeda dan sistem pembangkitan harus dapat melayani permintaan beban yang setiap saat selalu berubah-ubah. Sistem tenaga listrik juga tidak terlepas dari beberapa gangguan seperti hubung singkat, penghantar putus, lepasnya beban dan pembangkit dari sistem, dan juga masuknya pembangkit baru ke dalam sistem. Kesemuanya itu membutukan respon ataupun tanggapan dari suatu penyuplai daya dalam hal ini adalah sistem pembangkitan [1][8][12][13].

Sistem tenaga listrik di Gorontalo meliputi satu kesatuan dengan Minahasa dan sistem Kotamobagu yang dinamai dengan sistem interkoneksi Sulawesi Bagian Utara (Sulbagut). Sistem Kelistrikan Gorontalo mempunyai 7 (Tujuh) Gardu Induk (GI) yaitu GI Buroko (BK), GI Isimu (IS), GI Anggrek (AG), GI Botupingge (BP), GI Tilamuta (TL), GI Gorontalo Baru (GB) dan GI Marisa (MR) yang saling terhubung dengan sistem jaringan tranmisi tegangan tinggi 150 kV [2][3][9].

Sistem pembangkitan di Gorontalo yang beroperasi saat ini adalah: Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Tanjung Karang berkapasitas daya 2 x 50 MW; Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Maleo berkapasitas 4 x 25 MW dan

PLTU Anggrek berkapasitas 2 x 25 MW. Ke tiga pembangkit ini terhubung secara langsung ke sistem interkoneksi 150 kV Sulbagut. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Taludaa berkapasitas daya 5,3 MW; PLTMH Mongango berkapasitas daya 1,2 MW; Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) berkapasitas daya 12 MWp; dan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) berkapasitas daya 7,1 MW terhubung ke sistem jaringan distribusi 20 kV. Dengan kata lain pembangkit yang berada di Gorontalo tidak hanya menyuplai daya untuk wilayah Gorontalo saja tetapi juga menyuplai kebutuhan daya untuk wilayah Bolaangmongondow Selatan dan Bolaangmongondow Utara. Total keseluruhan daya yang terpasang pada pembangkit yang beroperasi saat ini adalah sebesar 160,6 MW [3][4][10].

Saat ini di Kabupaten Pohuwato Kecamatan Popayato Desa Trikora telah dibangun Pabrik Industri *Wood* Pelet atau pelet kayu oleh perusahaan PT. Biomass Jaya Abadi (BJA). PT. BJA tersebut merupakan satu kesatuan mitra usaha dengan PT. Inti Global Laksana (IGL) dan PT. Banyan Tumbuh Lestari (BTL). PT BJA untuk memenuhi kebutuhan listrik, energi listrik diambil dari pasokan listrik PLN melalui jaringan listrik tegangan tinggi dan dibuat satu Gardu Induk khusus untuk melayani kebutuhan energi listriknya. PT. BJA masuk dalam pengguna tenaga listrik sebagai pelanggan tegangan tinggi. Masuknya beban tegangan tinggi akan mempengarui konfigurasi dari sistem kelistrikan yang sudah ada [5][14][15].

Adanya penambahan beban industri tegangan tinggi melalui Gardu Induk sistem 150 kV oleh PT BJA tersebut, sistem akan mengalami perubahan aliran daya dari sebelumnya, disamping itu juga akan berdampak pada pengoperasian sistem. Akibatnya adalah desain konfigurasi awal dari sistem jaringan kelistrikan yang awalnya baik dan mampu melayani beban dengan baik, menjadi tidak sesuai lagi dengan keadaan pembebanan saat ini. Untuk itu, evaluasi terhadap sistem kelistrikan perlu dilakukan agar dapat memperbaharui data sistem, sehingga data yang didapat bisa digunakan untuk pengoperasian sistem dan sebagai perancangan untuk pengembangan sistem kelistrikan kedepannya. Untuk mengetahui pengaruh yang akan terjadi pada sistem maka system perlu dianalisis [6][7][11].

Untuk itu, analisis sistem yang harus dilakukan adalah analisis aliran daya berupa tegangan, aliran daya, dan rugi rugi daya system sebelum dan sesudah adanya penambahan beban baru masuk ke sistem transmisi 150 kV.

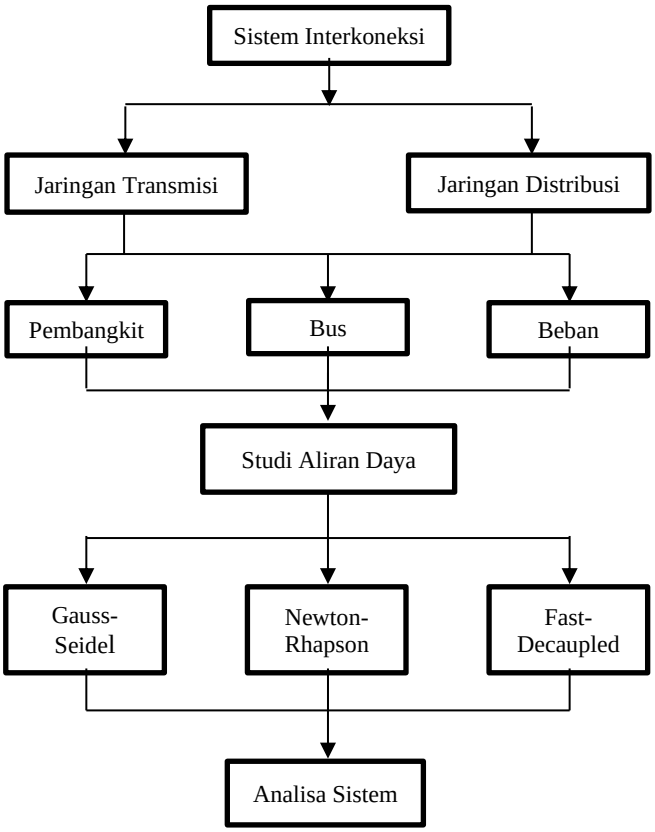
II. METODE PENELITIAN

A. Kerangka Konsep Penelitian

Pada Kerangka konsep penelitian dalam bentuk diagram alir di perlihatkan pada Gambar 1. Diagram alir di jelaskan tentang perencanaan dari penelitian ini yaitu analisis sistem kelistrikan Gorontalo dengan adanya penambahan beban baru yaitu Pelanggan tegangan tinggi PT. BJA pada system transmisi 150 kV. Sistem tenaga listrik yang di analisis adalah sistem interkoneksi Gorontalo 150 kV, yang meliputi analisis aliran daya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui *performance* sistem setelah masuknya pelanggan tegangan tinggi.

Metode Gauss-Seidel, Newton Raphson dan Fast Decoupled adalah beberapa metode yang digunakan dalam menyelesaikan aliran daya. Metode Newton Raphson lebih praktis dan efisien dalam perhitungan komputasi aliran daya. Studi aliran daya ini dipakai untuk mengetahui pengaruh sistem sebelum dan setelah masuknya beban baru seperti nilai tegangan, aliran daya aktif (p), aliran daya reaktif (Q), dan rugi daya aktif (P_{loss}), dan rugi daya reaktif (Q_{loss}), sehingga diperoleh profil tegangan yang terbaik.

Studi pustaka, pengumpulan data, proses perhitungan, simulasi dan analisis dilakukan dalam memecahkan suatu masalah dalam penelitian ini. Analisis. Hasil analisis tersebut dibandingkan, sehingga diketahui aliran daya suatu sistem sebelum dan setelah masuknya beban baru.

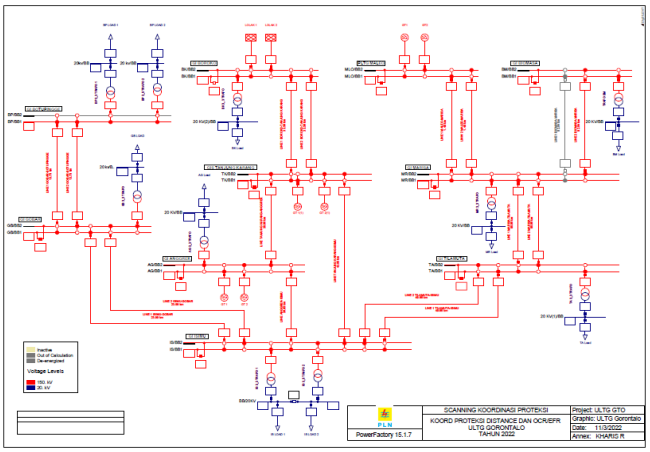


Gambar 1. Kerangka Konsep Penelitian

B. Tahapan Penelitian

Tahapan Pertama adalah mengriview jurnal penelitian sebelumnya, buku yang berkaitan dengan penelitian dan berhubungan dengan profil tegangan, rugi-rugi daya dan aliran daya.

Tahapan kedua adalah mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data primer yang dikumpulkan berupa data sistem kelistrikan interkoneksi 150 kV dan 20 kV PLN Gorontalo. Data diperoleh dari ULTG Gorontalo berupa data yang ada pada masing masing Gardu Induk (GI). Data Sekunder meliputi diagram satu garis sistem kelistrikan 150 kV dan penyulang 20 kV, pembangkit yang terinterkoneksi dengan sistem kelistrikan Gorontalo, transformator daya, saluran/penghantar dan beban. Gambar diagram satu garis sistem kelistrikan 150 kV Gorontalo dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Satu Garis Sistem 150 kV

Masing masing GI mempunyai transformator daya yang berfungsi menurunkan tegangan dari 150 kV ke 20 kV yang melayani sistem kelistrikan Gorontalo sebelum masuknya beban pelanggan industry PT. BJA dengan kapasitas daya transformator seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Transformator Daya pada Gardu Induk (GI)

No	Gardu Induk	Daya Trafo Terpasang (MVA)	Rating Tegangan (kV)
1	Boroko	20	150/20
2	Anggrek	20	150/20
3	Isimu	90	150/20
4	Botupingge	120	150/20
5	Gorontalo Baru	60	150/20
6	Tilamuta	30	150/20
7	Marisa	30	150/20
Total beban sistem		**370**	**150/20**

Daya terpasang dari setiap pembangkit yang terinterkoneksi dengan sistem kelistrikan Gorontalo dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Daya Terpasang pada Pembangkit

NO	Pembangkit	Daya Terpasang
		MW
1	PLTS Sumalata	2
2	PLTG Maleo	100
3	PLTS Isimu	12,5
4	PLTD Telaga	23,5
5	PLTM Mongango	1,2
7	PLTM Taludaa	5,3
8	PLTS Sumalata	2

Data beban yang digunakan adalah data beban penyulang pada masing-masing Garsu Induk (GI). Waktu Pengambilan data Beban adalah beban puncak pada Tanggal 06 bulan Maret Tahun 2023. Data beban dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Beban Penyulang Gardu Induk

No	GI	Arus (A)	Daya Aktif (MW)	Out Going
1	Isimu	768	17,85	20 kV
2	Marisa	921	27,05	20 kV
3	Botupingge	1462	43	20 kV
4	Boroko	182	5,35	20 kV
5	Anggrek	429	12,63	20 kV
6	Tilamuta	308	9,08	20 kV
7	Gorontalo Baru	885	26,01	20 kV

Tegangan kerja sistem transmisi Gorontalo adalah 150 kV dengan saluran ganda *(double circuit)*. Kontruksinya adalah Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) di topang tower transmisi. Penghantar *(conduktor)* yang digunakan adalah konduktor jenis ACSR ukuran 240 mm dengan luas penampang 282,50 mm^2. Data impedans konduktor dapat dituangkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Saluran Transmisi

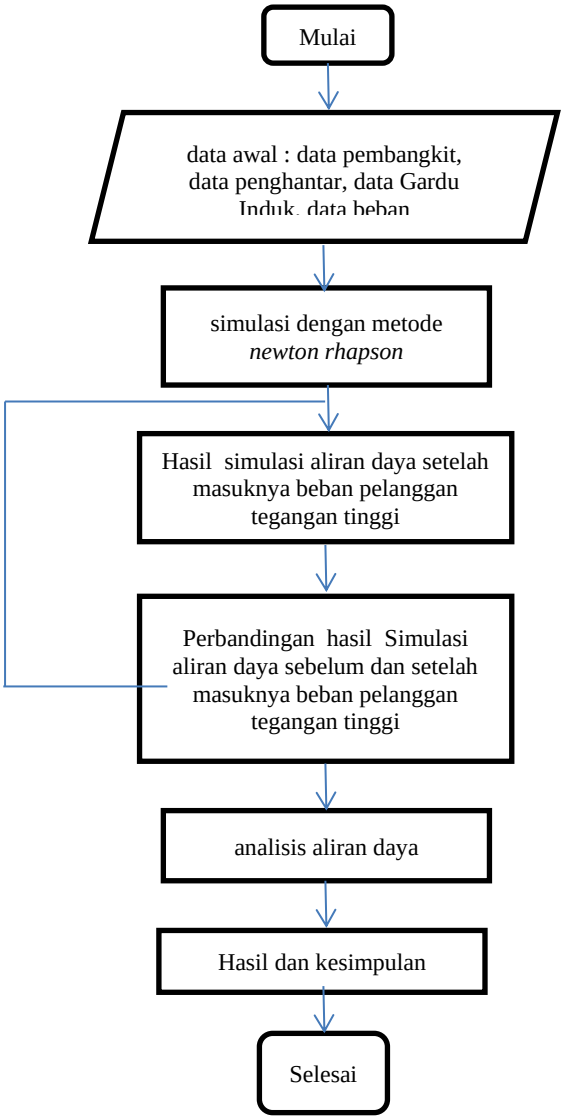
NO	Dari-Ke	Panjang Saluran	Impedans (ohm/km)	
		(Km)	Urutan positif	Urutan nol
1	GI Isimu-GI Marisa	110.25	0.118+j 0.420	0.545+j 1.639
2	GI Isimu-GI Botupingge	36.28	0.118+j 0.420	0.545+j 1.639
3	GI Isimu-GI Boroko	72.92	0.118+j 0.420	0.545+j 1.639
4	GI Tilamuta – GI Anggrek	67.99	0.118+j 0.420	0.545+j 1.639
5	GI Marisa-PLTG Maleo	1.67	0.118+j 0.420	0.545+j 1.639
6	GI Boroko-GI Anggrek	59.54	0.118+j 0.420	0.545+j 1.639
7	GI Botupingge-PLTU Molotabu	41.09	0.118+j 0.420	0.545+j 1.639
8	GI Isimu – GI Tilamuta	49.84	0.118+j 0.420	0.545+j 1.639
9	GI Isimu – GI Gorontalo Baru	24.06	0.118+j 0.420	0.545+j 1.639
10	GI Isimu – PLTU Molotabu	43.15	0.118+j 0.420	0.545+j 1.639
11	GI Marisa – GI Tilamuta	61.01	0.118+j 0.420	0.545+j 1.639

Tahapan ketiga adalah melakukan pengolahan data yang sudah diambil sebelumnya dari lapangan. Sebelum data di input pada simulasi dilakukan terlebih dahulu untuk pengolahan data. Untuk melakukan simulasi dibutuhkan bantuan software yaitu software ETAP 19.0.1. Data input

simulasi berupa : bus, jenis bus, tegangan bus, pembangkit, Gardu Induk, Penghantar, faktor daya yang digunakan pada pembnagkit dan beban konsumen.

Tahapan keempat adalah dimana melakukan Analisa hasil dari hasil simulasi. Analisa dilakukan pada saat sistem sebelum masuk beban pelanggan tegangan tinggi dan setelah beban masuk pada sistem transmisi 150 kV Gorontalo.

Diagram alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alur Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Sistem Kelistrikan Gorontalo*

Sistem Kelistrikan di Gorontalo merupakan satu kesatuan interkoneksi dengan system kelistrikan Minahasa dan Kotamobagu melalui saluran transmisi 150 kV. Ada 7 (Tujuh) pusat beban Gardu Induk dan ada 3 (tiga) pusat listrik yang besar yang saling terinterkoneksi melalui Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV. Disamping itu ada 3 (tiga) Pembangkit yang terhubung ke Gardu Hubung melalui saluran distribusi 20 kV dan ada 1 (satu) pembangkit yang terhubung langsung *(ekspress)* ke *out going* 20 kV Gardu Induk. Pada Tahun 2021 PT. PLN (Persero) UP3 Gorontalo telah masuk industri biomass dibangun di kabupaten Pohuwato dengan pelanggan Tegangan Tinggi 150 kV. Sehingga dibangun Gardu Induk di area industri biomass tersebut.

Beban industri biomass ini telah di interkoneksikan langsung melalui saluran transmisi 150 kV dari Gardu Induk Biomass ke Gardu Induk Marisa. Masuknya beban industri biomass ini diharapkan dapat membantu kebutuhan energy dan juga dapat memperbaiki profil tegangan dengan memperhitungkan rugi-rugi daya. Sehingga perlu analisis aliran daya pada kondisi sebelum masuknya beban industri biomass dan sesudah masuknya beban industry biomass tersebut.

B. *Hasil Simulasi Tegangan Sebelum Masuk Beban Pelanggan Tegangan Tinggi (GI BJA)*

Simulasi aliran daya menggunakan metode Newton-Raphson, pertama-tama sistem dimodelkan sesuai dengan *single line* system Gorontalo 150 kV sebelum masuknya beban pelanggan tegangan tinggi yaitu beban industry biomass (GI BJA). Setelah system dimodelkan, selanjutnya dilakukan penginputan data dari masing-masing parameter kedalam software ETAP 19.0.

Setelah penginputan data, selanjutnya dilakukan proses simulasi. Hasil dari simulasi tegangan sebelum masuknya beban industri GI BJA merupakan hasil tegangan pada setiap bus Gardu Induk di sisi 150 kV dan 20 kV dengan menggunakan metode Newton-Rhapson. Setelah didapatkan hasilnya maka dilakukan analisis tegangan yang terdapat pada setiap bus beban, bus beban tersebut terdapat pada masing-masing bus Gardu Induk (GI). Beban pada masing-masing GI terbaca pada bus tegangan 150 kV dan 20 kV. Sehinggan hasil simulasi tegangan sebelum masuknya beban industry GI BJA dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Simulasi Tegangan Sebelum

Bus	Tegangan		
	%	Angle	Volt
GI BK 150	100	0,0	150
GI BK 20	98,838	-1,7	19,768
GI AG 150	98,197	-2,0	147,296
GI AG 20	95,428	-5,9	19,086
GI IS 150	97,047	-3,0	145,571
GI IS 20	95,809	-4,9	19,162
GI TA 150	97,695	-2,8	146,543
GI TA 20	96,186	-5,2	19,237
GI MR 150	98,515	-2,3	147,773
GI MR 20	94,223	-8,4	18,845
GI GB 150	95,881	-3,7	143,822
GI GB 20	93,72	-7,1	18,744
GI BP 150	95,476	-4,0	143,214
GI BP 20	93,715	-6,8	18,743

Pada Tabel 4. terlihat bahwa hasil simulasi tegangan 150 kV sebelum masuknnya beban industry GI BJA dengan menggunakan metode Newton Rhapson yang tertinggi terdapat pada bus GI Marisa (MR) sebesar 98,515% atau

147,773 kV dan tegangan terendah terdapat pada GI Botupingge (BP) yaitu 95,476% atau 143,214 kV. Hasil simulasi tegangan 20 kV sebelum masuknnya beban industry GI BJA dengan menggunakan metode Newton Rhapson yang tertinggi terdapat pada bus beban GI Tilamuta (TA) sebesar 96,186% atau 19,237 kV dan tegangan terendah terdapat pada GI Botupingge (BP) yaitu 93,715% atau 18,743 kV. Hal ini menandakan bahwa tegangan yang ada pada masing-masing bus GI baik itu bus 150 kV dan bus 20 kV masih dalam batas standar SPLN yaitu 105 % (+ 5 %) dan 90 % (– 10%).

C. Hasil Simulasi Aliran Beban Sebelum Masuk Beban Pelanggan Tegangan Tinggi (GI BJA)

Pengujian Hasil simulasi aliran beban sebelum masuknya beban industry GI BJA dengan menggunakan metode Newton-Rhapson dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Simulasi Aliran Beban Sebelum

Bus		Load Flow	
From	**To**	**MW**	**MVAR**
GI BK 150	GI PLTU TK 150	29,543	-0,36
GI PLTU TK 150	GI AG 150	28,972	2,55
GI PLTU TK 150	GI IS 150	49,833	8,387
GI PLTU AG 150	GI AG 150	8,453	3,908
GI PLTG Maleo 150	GI MR 150	21,947	7,053
GI TA 150	GI IS 150	5,154	3,753
GI MR 150	GI TA 150	9,898	1,688
GI IS 150	GI GB 150	34,27	11,498
GI AG 150	GI IS 150	32,327	7,164
GI GB 150	GI BP 150	21,208	7,405

Pada Tabel 5. terlihat bahwa hasil simulasi aliran beban sebelum masuknya beban industry GI BJA dengan menggunakan metode Newton-Rhapson terbesar terdapat pada bus GI Isimu (IS) 150 kV menuju GI Gorontalo Baru (GB) 150 kV yaitu daya aktif sebesar 34,27 MW dan daya reaktif sebesar 11,498 MVar. Sedangan aliran beban terendah terdapat pada bus GI Tilamuta (TA) 150 kV menuju GI Isimu (IS) 150 kV yaitu daya aktif sebesar 5,154 MW dan daya reaktif yaitu sebesar 1,688 MVar

D. Rugi Rugi Daya Sebelum Masuk Beban Pelanggan Tegangan Tinggi (GI BJA)

Hasil simulasi rugi-rugi daya total sebelum masuknya beban industry GI BJA dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Simulasi Rugi-rugi Daya total Sebelum

ID	Daya Aktif MW	Daya Reaktif MVAR
Total Demand	145,952	34,599
Total Load	143,139	47,048
Apparent Losses	2,813	-12,449
Percent Losses (%)	1,93%	-35,98%

Dari Tabel 6. terlihat bahwa hasil simulasi rugi-rugi daya total sebelum masuknya beban industry GI BJA menggunakan metode Newton-Rhapson untuk daya aktif sebesar 2,813 MW dan untuk daya reaktif sebesar -12,449 MVar. Sedangkan perbandingan persentase rugi-rugi daya dengan pembangkitan total adalah untuk daya aktif sebesar 1,93 % dan daya reaktif sebesar -35,98%.

E. Hasil Simulasi Tegangan Setelah Masuk Beban Pelanggan Tegangan Tinggi (GI BJA)

Dalam simulasi analisa aliran daya menggunakan metode Newton-Raphson, system dimodelkan sesuai dengan diagram satu garis system Gorontalo 150 kV dengan masuknya beban industri tegangan tinggi GI BJA dari GI Marisa menuju Gardu Induk (GI) Biomass (BJA). Kawat penghantar yang digunakan adalah jenis kawat ACSR ukuran 240 mm2 dengan panjang penghantar 81,613 km.

Setelah sistem dimodelkan, selanjutnya dilakukan penginputan data dari masing-masing parameter sesuai dengan hasil pengolahan data dan referensi system. Hasil simulasi tegangan ssetelah masuknya beban industri tegangan tinggi GI BJA merupakan hasil tegangan pada setiap bus Gardu Induk di sisi 150 kV dan 20 kV. Hasil simulasi tegangan setelah masuknya beban industry GI BJA dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Simulasi Tegangan Setelah

Bus	Tegangan		
	%	**Angle**	**Volt**
GI BK 150	100	0,0	150
GI BK 20	98,838	-1,7	19,768
GI AG 150	98,316	-2,1	147,474
GI AG 20	95,542	-5,9	19,108
GI IS 150	97,238	-3,0	145,857
GI IS 20	95,998	-4,9	19,200
GI TA 150	98,03	-2,9	147,045
GI TA 20	96,517	-5,3	19,303
GI MR 150	99,025	-2,5	148,538
GI MR 20	94,711	-8,6	18,942
GI GB 150	96,071	-3,8	144,107
GI GB 20	93,905	-7,2	18,781
GI BP 150	95,665	-4,0	143,498
GI BP 20	93,9	-6,8	18,780
GI BJA 150	99,195	-2,7	148,793
GI BJA 20	98,442	-3,8	19,688

Pada Tabel 7. terlihat bahwa hasil simulasi tegangan 150 kV setelah masuknya beban industri tegangan tinggi GI BJA dengan menggunakan metode Newton Rhapson yang tertinggi terdapat pada GI Biomass(BJA) sebesar 99,195% atau 148,792 kV dan tegangan terendah terdapat pada GI Botupingge (BP) yaitu 95,665% atau 143,498 kV. Hasil simulasi tegangan 20 kV setelah masuknya beban industry GI BJA dengan menggunakan metode Newton Rhapson yang tertinggi terdapat pada GI Biomass(BJA) sebesar 98,442% atau 19,688 kV dan tegangan terendah terdapat pada GI Botupingge (BP) yaitu 93,9% atau 18,78 kV. Hal ini menandakan bahwa tegangan yang ada pada masing-masing

bus GI masih dalam batas standar SPLN yaitu 105 % (+ 5 %) dan 90 % (– 10%).

F. Hasil Simulasi Aliran Beban Setelah Masuk Beban Pelanggan Tegangan Tinggi (GI BJA)

Hasil simulasi aliran beban setelah masuknya beban industry GI BJA dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Simulasi Aliran Beban Setelah

Bus		Load Flow	
From	**To**	**MW**	**MVAR**
GI BK 150	GI PLTU TK 150	29,668	-1,441
GI PLTU TK 150	GI AG 150	29,129	1,608
GI PLTU TK 150	GI IS 150	50,301	6,448
GI PLTU AG 150	GI AG 150	8,614	3,622
GI PLTG Maleo 150	GI MR 150	23,762	4,179
GI TA 150	GI IS 150	4,887	5,544
GI MR 150	GI TA 150	9,668	3,469
GI IS 150	GI GB 150	34,406	11,544
GI AG 150	GI IS 150	33,174	5,642
GI GB 150	GI BP 150	21,292	7,435
GI MR 150	GI BJA 150	1,92	-4,711

Pada Tabel 8. terlihat bahwa hasil simulasi aliran beban setelah masuknya beban industry GI BJA dengan menggunakan metode Newton-Rhapson terbesar terdapat pada bus GI Isimu (IS) 150 kV menuju GI Gorontalo Baru (GB) 150 kV yaitu daya aktif sebesar 34,406 MW dan daya reaktif sebesar 11,544 MVar. Sedangan aliran beban terendah terdapat pada bus GI Marisa (MR) 150 kV menuju GI Biomass (BJA) 150 kV yaitu daya aktif sebesar 1,92 MW dan daya reaktif yaitu sebesar 3,469 MVar.

G. Rugi Rugi Daya Setelah Masuk Beban Pelanggan Tegangan Tinggi (GI BJA)

Hasil simulasi rugi-rugi daya total setelah masuknya beban industry GI BJA dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Simulasi Rugi-rugi Daya total Setelah

ID	Daya Aktif MW	Daya Reaktif MVAR
Total Demand	150,539	25,574
Total Load	147,672	48,537
Apparent Losses	2,866	-22,963
Percent Losses (%)	1,90%	-89,79%

Pada Tabel 9. terlihat bahwa hasil simulasi rugi-rugi daya setelah masuknya beban industry GI BJA menggunakan metode Newton-Rhapson untuk daya aktif sebesar 2,866 MW dan untuk daya reaktif sebesar -22,963 MVar. Sedangkan perbandingan persentase rugi-rugi daya dengan pembangkitan total adalah untuk daya aktif sebesar 1,90 % dan daya reaktif sebesar -89,79%

H. Perbandingan Simulasi Tegangan Sebelum dan Setelah Masuk Beban Pelanggan Tegangan Tinggi (GI BJA)

Perbandingan simulasi aliran daya dengan metode Newton Raphson sebelum dan setelah masuknya beban industry GI BJA untuk tegangan disetiap bus 150 kV dan 20 kV dapat dilihat pada Tabel 4.7, untuk aliran beban dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan rugi-rugi daya dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Perbadingan Hasil Simulasi Tegangan sebelum dan setelah masuknya beban

Bus	Tegangan (Sebelum)		Tegangan (Setelah)	
	%	**Volt**	**%**	**Volt**
GI BK 150	100	150	100	150
GI BK 20	98,838	19,768	98,838	19,768
GI AG 150	98,197	147,296	98,316	147,474
GI AG 20	95,428	19,086	95,542	19,108
GI IS 150	97,047	145,571	97,238	145,857
GI IS 20	95,809	19,162	95,998	19,2
GI TA 150	97,695	146,543	98,03	147,045
GI TA 20	96,186	19,237	96,517	19,303
GI MR 150	98,515	147,773	99,025	148,538
GI MR 20	94,223	18,845	94,711	18,942
GI GB 150	95,881	143,822	96,071	144,107
GI GB 20	93,72	18,744	93,905	18,781
GI BP 150	95,476	143,214	95,665	143,498
GI BP 20	93,715	18,743	93,9	18,78
GI BJA 150	-		99,195	148,793
GI BJA 20	-		98,442	19,688

Pada Tabel 10 terlihat bahwa perbandingan hasil simulasi tegangan sebelum dan setelah masuknya beban industry GI BJA dengan menggunakan metode Newton Rhapson, yakni sebelum masuknya beban industry GI BJA tegangan yang berada pada bus GI Marisa (MR) 150 kV adalah sebesar 98,515% atau 147,773 kV. Setelah masuknya beban industry GI BJA maka tegangan yang ada pada bus GI Marisa (MR) 150 kV naik menjadi 99,025% atau 148,538 kV. Sama halnya dengan bus GI 150 lainnya yang terdapat kenaikan tegangan dari sebelum masuknya beban industry GI BJA dan setelah masuknya beban industry GI BJA.

Rata- rata kenaikan tegangan pada bus GI pada sisi 150 kV adalah sebesar 0,56 % atau 1,384 kV sedangkan pada sisi 20 kV adalah sebesar 0,25 % atau 0,05 kV. Dengan adanya masuknya beban industry GI BJA pada sistem kelistrikan Gorontalo dapat memberikan pengaruh terhadap profil tegangan. Pengaruhnya adalah berupa kenaikan tegangan pada setiap bus GI. Sehingga membuat tegangan pada setiap bus sistem kelistrikan di Gorontalo menjadi lebih baik dan masih dalam batas-batas yang diizinkan menurut standar SPLN yaitu 105 % (+ 5 %) dan 90 % (– 10%).

I. Perbandingan Simulasi Aliran Beban Sebelum dan Setelah Masuk Beban Pelanggan Tegangan Tinggi (GI BJA)

Perbandingan hasil simulasi aliran beban sebelum dan setelah masuknya beban industry GI BJA dengan metode Newton Raphson dan dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 Perbadingan Hasil Simulasi Aliran Beban sebelum dan setelah

Bus		Load Flow (Sebelum)		Load Flow (Setelah)	
From	**To**	**MW**	**MVAR**	**MW**	**MVAR**
GI BK 150	GI PLTU TK 150	29,543	-0,360	29,668	-1,441
GI PLTU TK 150	GI AG 150	28,972	2,55	29,129	1,608
GI PLTU TK 150	GI IS 150	49,833	8,387	50,301	6,448
GI PLTU AG 150	GI AG 150	8,453	3,908	8,614	3,622
GI PLTG Maleo 150	GI MR 150	21,947	7,053	23,762	4,179
GI TA 150	GI IS 150	5,154	3,753	4,887	5,544
GI MR 150	GI TA 150	9,898	1,688	9,668	3,469
GI IS 150	GI GB 150	34,27	11,498	34,406	11,544
GI AG 150	GI IS 150	32,327	7,164	33,174	5,642
GI GB 150	GI BP 150	21,208	7,405	21,292	7,435
GI MR 150	GI BJA 150	-		1,92	-4,711

Pada Tabel 11 terlihat bahwa hasil perbandingan simulasi aliran beban sebelum dan setelah masuknya beban industry GI BJA dengan menggunakan metode Newton Rhapson yakni aliran beban sebelum masuknya beban industry GI BJA dari bus GI Isimu (IS) 150 kV menuju GI Gorontalo Baru (GB) 150 kV untuk daya aktif adalah sebesar 34,27 MW dan untuk daya reaktif adalah 11,494 MVar. Setelah masuknya beban industry GI BJA maka aliran beban dari GI Isimu menuju GI Gorontalo Baru untuk daya aktif adalah sebesar 34,406 MW dan untuk daya reaktif adalah 11,544 MVar. Terlihat terjadi kenaikan aliran beban untuk daya aktif dari GI Isimu (IS) menuju GI Gorontalo Baru (GB) dan untuk aliran beban daya reaktif mengalami kenaikan. Hal tersebut terjadi hampir pada setiap aliran beban antar bus GI.

Sedangkan aliran beban dari GI Marisa (MR) 150 kV menuju GI Tilamuta (TA) 150 kV untuk daya aktif mengalami penurunan yaitu sebelum masuknya beban industry GI BJA adalah 9,898 MW dan setelah masuknya beban industry GI BJA menjadi 9,668 MW sedangkan daya reaktif mengalami kenaikan dari 1,688 MVar menjadi 3,469 MVar. Hal ini disebabkan karena GI Marisa (MR) 150 kV menerima supplay daya listrik langsung dari pembangkit listrik yaitu PLTG Paguat, dan dari GI Marisa (MR) disalurkan ke GI Tilamuta (TA). etelah terhubung langsung dan mengirim daya listrik ke GI Tilamuta (TA). Sedangkan masuknya beban industry GI BJA menerima supplay daya listrik dari GI Marisa (MR) melalui jaringan udara transmisi 150 kV. Sehingga aliran beban dari GI Marisa (MR) sudah terbagi menjadi dua arah yaitu arah ke timur menuju ke GI Tilamuta dan arah ke barat menuju ke GI BJA.

Berbeda halnya dengan aliran beban terbesar sebelum dan setelah masuknya beban industry GI BJA yang mengalami kenaikan pada daya aktif dari GI Isimu menuju GI Gorontalo Baru. Hal ini disebabkan karena GI Isimu (IS) merupakan sentral atau pusat interkoneksi dari semua GI yang ada pada system kelistrikan 150 kV Gorontalo. Disamping itu GI Isimu (IS) menerima supplay langsung daya listrik dari pembangkit listrik PLTU Tanjung Karang (TK). Sehingga memperlihatkan adanya kenaikan aliran beban daya aktif terhadap GI Isimu (IS) menuju GI Gorntalo baru (GB)

J. Perbandingan Simulasi Rugi Rugi Daya Sebelum dan Setelah Masuk Beban Pelanggan Tegangan Tinggi (GI BJA

Perbandingan hasil simulasi rugi-rugi daya sebelum dan setelah masuknya beban industry GI BJA dengan menggunakan metode Newton Raphson dapat dilhat pada Tabel 12.

Tabel 12. Perbadingan Hasil Simulasi Rugi-rugi daya sebelum dan setelah

ID	Rugi rugi daya (Sebelum)		Rugi rugi daya (Sesudah)	
	Daya Aktif MW	**Daya Reaktif MVAR**	**Daya Aktif MW**	**Daya Reaktif MVAR**
Total Demand	145,952	34,599	150,539	25,574
Total Load	143,139	47,048	147,672	48,537
Apparent Losses	2,813	-12,449	2,866	-22,963
Percent Losses (%)	1,93%	-35,98%	1,90%	-89,79%

Pada Tabel 12 terlihat bahwa perbandingan hasil simulasi rugi-rugi daya total sebelum dan setelah masuknya beban industry GI BJA dengan menggunakan metode Newton Rhapson yakni sebelum masuknya beban industry GI BJA untuk daya aktif sebesar 2,813 MW dan daya reaktif sebesar -12,449 MVar. Setelah masuknya beban industry GI BJA rugi-rugi daya untuk daya aktif adalah sebesar 2,866 MW dan untuk daya reaktif sebesar 12,193 MVar. Terjadi kenaikan rugi-rugi daya untuk daya aktif sebelum dan setelah masuknya beban industry GI BJA sebesar 0,053 MW dan daya reaktif mengalami penurunan sebesar 10,514 MVar.

Perbandingan persentase rugi-rugi daya sebelum masuk beban industry GI BJA dan setelah masuknya beban industry GI BJA untuk daya aktif mengalami penurunan adalah sebesar 0,02 % dan daya reaktif sebesar 53,81 %. Kenaikan rugi rugi daya aktif total ini dipengarui oleh penambahan jaringan udara transmisi 150 kV berupa panjang saluran yang menuju ke beban industry GI BJA tersebut yang mengakibatkan nilai impedansi kawat penghantar naik. Akan tetapi persentase perbandingan rugi-rugi daya aktif maupun daya reaktif dengan supplay dari pembangkit listrik mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh supplai daya dari pembangkit ke beban lebih besar pada kondisi sebelum masuknya beban industry GI BJA bila dibandingkan setelah masuk beban industry GI BJA tersebut.

Masuknya beban industry GI BJA ini memberikan pengaruh terhadap sistem kelistrikan 150 kV di Gorontalo pada rugi rugi daya total dengan memperlihatkan penurunan nilai persentase perbandingan rugi-rugi daya aktif maupun daya reaktif setelah masuknya beban industry GI BJA tersebut, sehingga memberikan performance sistem kelistrikan 150 kV Gorontalo lebih baik.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis sistem tenaga listrik Gorontalo terhadap masuknya beban industry GI BJA, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut : 1). Masuknya beban industry GI BJA pada sistem kelistrikan Gorontalo 150 kV maupun 20 kV yang dapat langsung memperbaiki profil tegangan pada setiap bus Gardu Induk; 2). Setelah masuknya beban industry GI BJA pada sistem tenaga listrik Gorontalo dapat memberikan persentase perbandingan rugi-rugi daya total sangat kecil. Sehingga memberikan performance sistem lebih baik.

REFFERENSI

[1] John J. Grainger and William D. Stevenson, J. (1994). Power System Analysis. *Power System Analysis*.

[2] Frengki, suyono, W. (2016). Analisis Steady State dan Dinamik pada Perencanaan Pengembangan Pembangkit Sistem Gorontalo. *E-JAEI*, 9–14.

[3] PT. PLN (PERSERO) ULTG Gorontalo

[4] PT. PLN (PERSERO) UP3 Gorontalo.

[5] Steven, H., Frengki, S., Yusrianto, M & Taufik, L. (2020). Analisa pengaruh peningkatan beban terhadap sistem ketenagalistrikan 150 kV Gorontalo berbasis power system analysis matrix laboratory. *Jurnal Teknik Unjani*, *19*(1) Mei 2020, pp.10-17.

[6] Hariyadi, S. (2017). Analisa Rugi-rugi daya dan Jatuh Tegangan pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV pada Gardu Induk Salur-Masaran Disusun. *Universitas Muhammadiyah Surakarta*, (1–16).

[7] Muhammad Radil, Riad Syech, S. (2014). *Analisis Rugi-rugi Daya pada Saluran Transmisi Tegangan 150 kV dari Gardu Induk Koto Panjang ke Gardu Induk Garuda Sakti Pekan Baru*. *1*(2), 193–198

[8] Dewantara, M. (2018). *Analisis Rugi-rugi Daya pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV di Gardu Induk Wonogiri sampai Gardu Induk Wonosari. TK Electrical Engineering. Electronic Nuclear Engineering*. 2018.

[9] Arikunto, Suharsimi. (2010). Prosedur Pnelitian. Pemanfaatan sofware ETAP Power Station 4.0.0 untuk menganalisa aliran daya listrik di gardu induk ungaran *150 kV. Skripsi. Semarang.*

[10] Prabowo. H. (2007). *Analisis Aliran Daya di Wilayah Kerja PT. PLN (Persero) UPT Semarang. Skripsi. Semarang : Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.*

[11] Sigit, A. P. (2015). *Analisis Aliran Daya (Load Flow) dalam sistem tenaga listrik menggunakan software ETAP power station 4.0.0 di PT. Kota Jati Furmind Jepara. Skripsi. Semarang : Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.*

[12] Unggul, D. K (2011). *Simulasi Aliran Daya pada Penyulang 2 Gardu Induk Rawalo dengan menggunakan software ETAP 7.0. Jurnal. Semarang : Jurusan teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*.

[13] Sulasno. (1993). *Analisis Sistem Tenaga Listrik. Semarang : Satya Wacana*.

[14] Agus, S & Anggit, P. (2017). *Analisis Rugi-rugi Daya pada Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV di PLN Sungguminasa*. *Tugas Akhir. Repository Teknik Elektro Universitas Muhamadiyah Makasar*. *TK Electrical Engineering. Electronic Nuclear Engineering*. 2018.

[15] Yan Budi Haryono. (2017). *Simulasi dan Analisa Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik 20 kV Region Cilacap menggunakan Meode Newton Rhapson. Skripsi. Repository Teknik Elektro Universitas Muhamadiyah Purwokerto*.