

Analisis Kelayakan Transformator 60 MVA Pada GI Ulee Kareng

Wisnu Bekti Nugraha^{1*)}, Syukri²⁾, Muliadi³⁾

^{1, 2, 3)}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Iskandar Muda
Jl. Kampus UNIDA, Surien, Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23234

*Corresponding author E-mail: nugraha.idn@gmail.com

ABSTRACT

Based on the 2021-2030 RUPTL demand forecast, load growth in Aceh Province is 5.7%. The peak load of Ulee Kareng Substation in August 2022 is 24 MW (47%) and will continue to increase in the following years, to anticipate the increase in peak load and increase the reliability of power distribution and flexibility of Ulee Kareng Substation operations as well as move some of the load from the Substation Banda Aceh/Lambaro, the Power Transformer 1 at Ulee Kareng Substation needs to be increased in both units and capacity. Meanwhile, currently Power Transformer 1 at Ulee Kareng Substation only has 1 unit with a capacity of 60 MVA. From the simulation results using the ETAP application version 16.0.0 based on the 2021-2030 RUPTL, it can be seen that the Power Transformer 1 loads in 2024 will be 47.1 MW (82.1%) with the operation of Extension Power Transformer 2 Ulee Kareng Substation can reduce the Power Transformer 1 loads to 23.5 MW (41%) still meeting the N-1 criteria (No transmission segment loading exceeds 50%) while the Substation transformer loading 150 kV Ulee Kareng by 2030 each power transformer will have reached 52% so it is necessary to consider adding more so that N-1 is met. Then the short circuit analysis shows that the short circuit current that may occur is still below the rated capacity of the equipment for 150 kV of 31.5 kA and 275 kV of 40 kA. (DIR Decree NO. 216.K/DIR/2013 regarding standardization of MTU technical specifications).

Keywords: Power transformer, Substation, Transformer extension, Short circuit, ETAP.

ABSTRAK

Berdasarkan demand forecast RUPTL 2021-2030 pertumbuhan beban di Provinsi Aceh adalah sebesar 5,7%. Beban Puncak GI Ulee Kareng pada Agustus 2022 adalah sebesar 24 MW (47%) dan akan terus naik pada tahun-tahun berikutnya, untuk mengantisipasi kenaikan beban puncak tersebut dan meningkatkan keandalan penyaluran daya dan fleksibilitas operasi GI Ulee Kareng serta memindahkan sebagian beban dari Gardu Induk Banda Aceh / Lambaro, maka Trafo Daya (TD#1) di GI Ulee Kareng perlu ditambah baik unit dan kapasitasnya. Sedangkan untuk saat ini TD#1 di GI Ulee Kareng hanya berjumlah 1 unit dengan kapasitas 60 MVA. Dari hasil simulasi menggunakan aplikasi ETAP versi 16.0.0 berdasarkan RUPTL 2021-2030, maka bisa diketahui pembebanan TD#1 GI pada tahun 2024 sebesar 47,1 MW (82,1%) dengan beroperasinya Extension TD#2 GI Ulee Kareng dapat menurunkan pembebanan TD#1 menjadi 23.5 MW (41%) masih memenuhi kriteria N-1 (Tidak ada pembebanan segmen transmisi yang melebihi 50 %) sedangkan pembebanan trafo GI 150 kV Ulee Kareng pada tahun 2030 sudah masing-masing trafo daya sudah mencapai 52% sehingga perlu dipertimbangkan untuk menambah lagi agar N-1 terpenuhi. Kemudian analisa hubung singkat menunjukkan bahwa arus hubung singkat yang mungkin terjadi masih dibawah rated capacity peralatan untuk 150 kV sebesar 31,5 kA dan 275 kV sebesar 40 kA. (SK DIR NO. 216.K/DIR/2013 terkait standarisasi spesifikasi teknis MTU).

Kata Kunci: Transformator daya, Gardu induk, Extension transformator, Hubung singkat, ETAP.

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk selalu berbanding lurus dengan pertumbuhan energi listrik pada suatu daerah. Perkembangan sistem tenaga listrik yang cukup signifikan di Indonesia pada umumnya dan di Aceh pada khususnya dimana perkembangan sistem tenaga tersebut tidak akan mengalami penurunan malahan akan semakin bertambah seiring berkembangnya perekonomian dan pembangunan di Aceh [1]. Kebutuhan listrik untuk setiap wilayah atau daerah tidaklah sama dengan yang lainnya, bergantung dari kepadatan penduduk dan juga perekonomian [2]. Mengingat akan diadakan acara Pekan Olah Raga Nasional (PON) di

wilayah Aceh terutama Kota Banda Aceh, maka sistem kelistrikan yang handal memiliki peran penting dalam menyukseskan acara tersebut. Selain alasan tersebut, pertumbuhan beban di wilayah Kota Banda Aceh dan Aceh Besar juga semakin meningkat, ini dikarenakan pertumbuhan ekonomi yang semakin maju dan meningkatnya populasi penduduk sehingga untuk dapat memenuhi kebutuhan tersebut perlu adanya pembangunan Gardu Induk (GI) baru salah satunya GI Ulee Kareng [3][4].

Saat ini, pembebanan GI Ulee Kareng mencapai 24 MW atau 47% dari kapasitas Trafo terpasang yaitu sebesar 1x60 MVA. Berdasarkan demand forecast RUPTL 2021-2030

pertumbuhan beban di Provinsi Aceh adalah sebesar 5,7% [5][6]. Beban Puncak GI Ulee Kareng pada Agustus 2022 adalah sebesar 24 MW dan akan terus naik pada tahun-tahun berikutnya. Untuk mengantisipasi kenaikan beban puncak tersebut dan meningkatkan keandalan penyaluran daya serta fleksibilitas operasi GI Ulee Kareng perlu adanya pemindahan sebagian beban ke GI Banda Aceh atau dengan cara menambahkan kapasitas ataupun satu unit transformator daya lagi.

Oleh sebab itu, bagaimana pembebanan transformator 60 MVA pada GI Ulee Kareng dan bagaimana kelayakan transformator 60 MVA pada GI Ulee Kareng dalam menjaga pasokan energi listrik untuk kota Banda Aceh. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pembebanan dan menganalisa kelayakan transformator 60 MVA pada GI Ulee Kareng dalam menjaga pasokan energi listrik untuk kota Banda Aceh.

Penelitian ini diharapkan dapat memberi informasi tambahan tentang pengaruh kelayakan pada sistem kelistrikan terhadap pelanggan GI Ulee Kareng, juga dapat menambah wawasan dan ilmu pengetahuan bagi peneliti khususnya dalam hal transformator dan sistem kelistrikan.

II. METODE

Penelitian ini dilakukan dalam jangka waktu selama 3 (tiga) bulan, yaitu mulai dari bulan April 2023 sampai dengan Juni 2023 yang bertempat di GI Ulee Kareng. Lamanya waktu tersebut dimanfaatkan oleh peneliti untuk mendapatkan semua data yang dibutuhkan agar dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik dan tepat waktu.

A. Teknik Pengumpulan Data

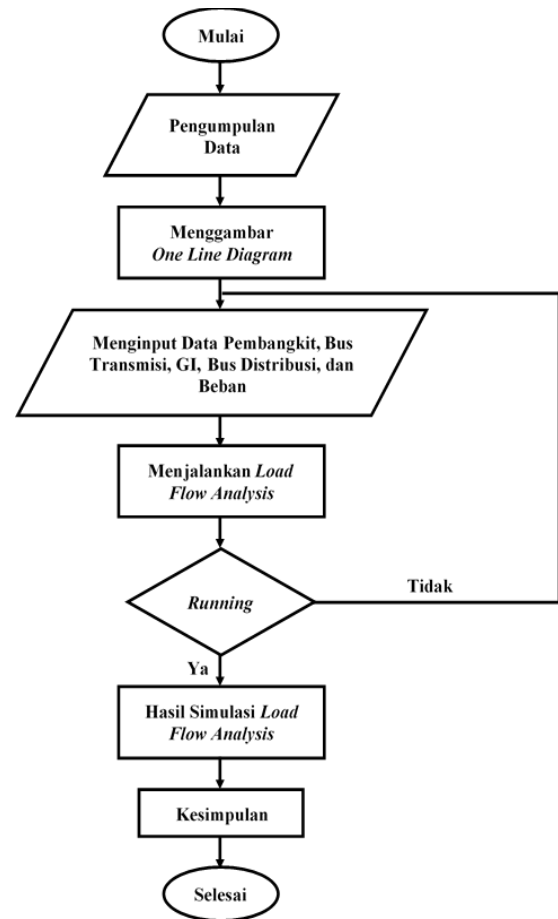
Pada penelitian ini, penulis mengambil data dengan beberapa metode diantaranya yaitu metode literatur, observasi, dan wawancara. Adapun data yang dibutuhkan yaitu spesifikasi trafo daya GI Ulee Kareng, selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL 1. SPESIFIKASI TRAFODAYA GI ULEE KARENG

Keterangan	Spesifikasi
Merk	UNINDO
Transformer No.	P060LEEC897 – 05
Transformer Type	OIL IMMersed
Year of Manufacture	2020
Standard	IEC 60076
Rated Power	36 / 60 MVA
Rated of Cooling	ONAN / ONAF
Rated Frequency	50 hz
No of Phases	3
Vector Diagram	Yyn0+d
Short Circuit Current Cap (2sec)	HV : 40 kA / LV : 25 kA

B. Teknik Pengolahan Data

Teknik pengolahan data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode analisis, yaitu dengan menganalisa sistem kelistrikan dan mengkaji kelayakan transformator 60 MVA GI Ulee Kareng terhadap pelanggan dengan menggunakan aplikasi ETAP versi 16.0.0 [7][8]. Adapun diagram alir penelitian selengkapnya ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kondisi Aktual

GI Ulee Kareng saat ini terhubung dengan transmision line 150 kV sistem Sumbagut, dengan trafo yang terpasang saat ini sebesar 1x60 MVA. Beban trafo daya GI Ulee Kareng pada tahun 2022 adalah sebesar 24 MW atau 47% dari kapasitas terpasang 1x60 MVA. Dengan pertumbuhan beban berdasarkan capacity balance draft RUPTL 2021-2030 maka beban GI Ulee Kareng pada tahun 2022 mencapai 47 % dari kapasitas terpasang. Secara keseluruhan beroperasinya GI Ulee Kareng dengan tambahan 60 MVA akan meningkatkan peluang penjumlahan energi listrik di Kabupaten Aceh Besar dan mengurangi pembebanan trafo daya GI Ulee Kareng.

Tegangan operasi pada Gardu Induk pemasok energi listrik di wilayah Kabupaten Aceh Besar adalah 150 kV/20 kV dimana disalurkan ke pelanggan melalui jaringan tegangan menengah 20 kV yang selanjutnya di distribusikan sesuai kebutuhan pelanggan.

B. Pengembangan Sistem

Pertumbuhan kebutuhan listrik di sistem Aceh sesuai dengan RUPTL 2021-2030 diperkirakan sebesar 5,7% per tahun. Capacity balance yang digunakan adalah berdasarkan capacity balance PLN UIW Aceh yang tertuang dalam draft RUPTL 2021-2030. Perkiraan beban puncak dan produksi energi berdasarkan RUPTL 2021-2030 selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 2.

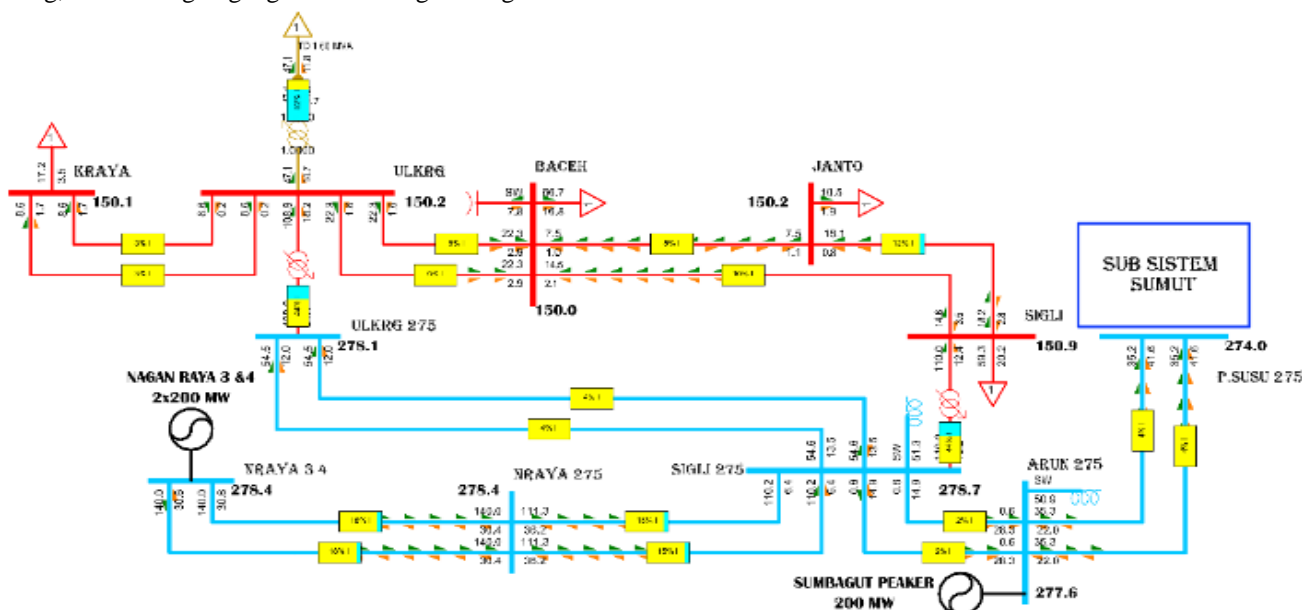
TABEL 2. PERKIRAAN BEBAN PUNCAK DAN PRODUKSI ENERGI BERDASARKAN RUPTL 2021-2030

Tahun Kalender	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Total population (10³)	5.459,1	5.529,8	5.600,0	5.669,6	5.738,6	5.807,0	5.874,6	5.941,5	6.007,6	6.072,6
-Growth Rate (%)	1,32	1,30	1,27	1,24	1,22	1,19	1,16	1,14	1,11	1,08
Growth of Total GDP (%)	5,2	5,3	5,2	5,3	5,3	5,4	5,4	5,4	7,3	7,3
Electrification Ratio (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
RE TOT (PLN+NON PLN)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Energy Sales (Gwh)	3.226,51	3.440,16	3.648,46	3.853,27	4.053,93	4.250,98	4.444,98	4.634,11	4.820,49	5.003,50
-Growth Rate (%)	7,15	6,62	6,06	5,61	5,21	4,86	4,55	4,27	4,02	3,8
Residential	2.111,1	2.284,5	2.454,0	2.619,6	2.782,6	2.942,1	3.098,3	3.251,3	3.401,3	3.548,3
Commercial	459,9	510,7	525,4	540,2	554,5	568,9	583,1	597,4	611,5	625,7
Public	438,9	452,9	466,3	478,9	491,9	504,1	515,6	526,4	536,5	545,7
Industrial	180,6	192,0	202,7	214,5	224,9	235,9	247,2	259,0	271,2	283,8
Power Contracted (MVA)	1.903,5	2.000,2	2.095,4	2.189,6	2.281,1	2.371,5	2.460,7	2.548,9	2.636,0	2.722,2
Residential	1.194,2	1.269,4	1.343,2	1.415,6	1.485,9	1.555,1	1.623,1	1.690,1	1.756,2	1.821,4
Commercial	347,4	355,8	363,8	371,7	379,5	387,1	394,7	402,0	409,3	416,4
Public	253,0	261,3	269,4	277,3	285,1	292,6	300,0	307,2	314,2	321,0
Industrial	108,9	113,8	119,1	125,0	130,6	136,6	142,9	149,5	156,3	163,4
Number of Customer	1.545.339	1.568.758	1.591.980	1.625.065	1.637.996	1.660.820	1.683.494	1.706.047	1.728.457	1.750.644
Residential	1.342.755	1.360.145	1.377.412	1.394.531	1.411.503	1.428.327	1.444.954	1.461.409	1.477.668	1.493.655
Commercial	133.505	136.212	138.820	141.385	143.896	146.369	148.805	151.201	153.552	155.864
Public	65.732	68.938	72.145	75.381	78.665	82.014	85.433	88.934	92.523	96.191
Industrial	3.347	3.463	3.602	3.768	3.931	4.111	4.302	4.503	4.715	4.934
Total Production (GWh)	3.551,0	3.783,0	4.006,3	4.225,3	4.439,2	4.648,7	4.853,6	5.054,3	5.250,8	5.443,3
Energy Requirement (GWh)	3.521,9	3.752,0	3.973,6	4.190,8	4.403,1	4.610,9	4.814,2	5.013,3	5.208,3	5.399,2
Station Use (%)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Station Use (GWh)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
PSSD (GWh)	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2
D Losses (%)	8,39	8,3	8,2	8,1	7,9	7,8	7,7	7,6	7,4	7,3
Load Factor (%)	61,7	62,2	62,7	63,2	63,7	64,2	64,7	65,2	65,7	66,2
Peak Load (MW)	657	694	729	763	795	826	856	885	912	938

C. Kajian Kelayakan Operasi (KKO)

Kajian kelayakan operasi (KKO) dilakukan dengan menganalisis pengaruh ekstensi trafo pada sistem ketenagalistrikan GI Ulee Kareng dengan menggunakan aplikasi ETAP. Simulasi aliran daya dilakukan pada waktu beban puncak (*peak/WBP*) dengan kondisi sebelum dan sesudah beroperasinya ekstensi trafo 60 MVA GI 150 kV Ulee Kareng. Analisa ini bertujuan untuk melihat daya yang melewati tiap segmen penghantar di sekitar GI 150 kV Ulee Kareng, monitoring tegangan di masing-masing bus serta

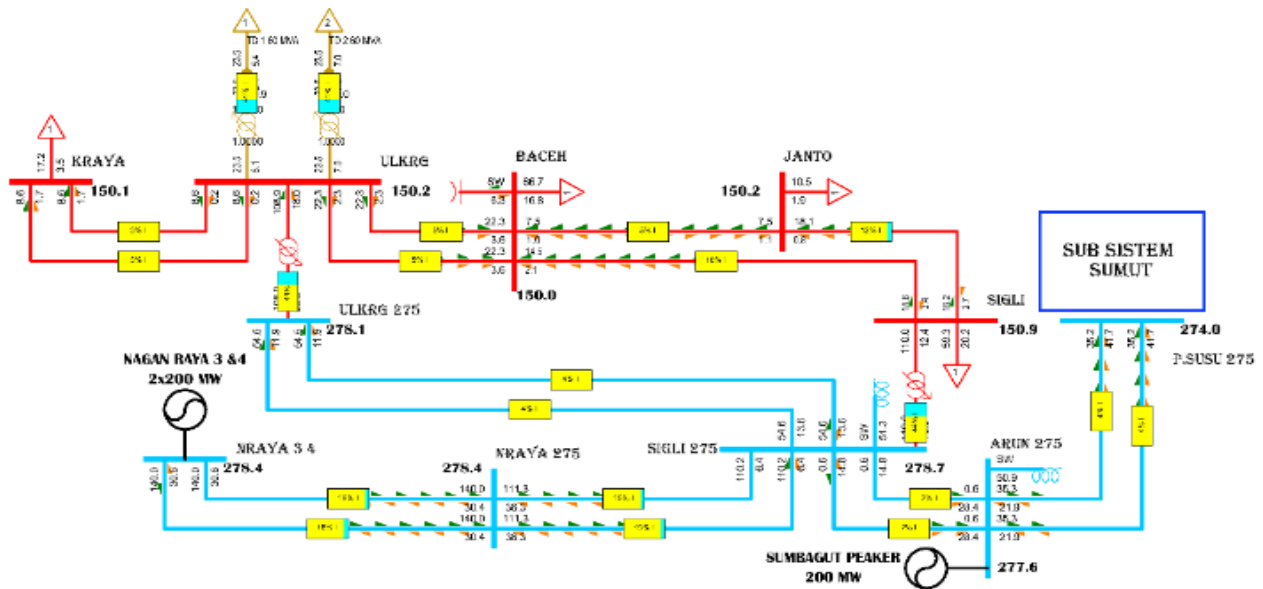
kontingensi N-1 pada pembebanan tiap-tiap penghantar tersebut. Dari hasil analisa aliran daya diketahui bahwa pada tahun 2024 sebelum ada penambahan trafo maka beban TD #1 GI 150 kV Ulee Kareng adalah sebesar 47.1 MW (82.1%). Sedangkan pembebanan IBT 250 MVA Ulee Kareng adalah sebesar 177.4 MW (69%). Pembebanan segmen transmisi hampir melebihi 50% (masih memenuhi kriteria N-1). Tegangan GI disekitar GI 150 kV Ulee Kareng masih dalam batasan operasional *grid code*, yakni minimum 135 kV (-10%) dan maksimum 157,5 kV (+5%).



Gambar 2. Simulasi aliran daya sebelum penambahan TD #2 Ulee Kareng tahun 2024

Dari hasil analisa aliran daya tahun 2024, diketahui bahwa setelah penambahan TD#2 GI 150 kV Ulee Kareng, maka pembebanan untuk masing-masing trafo adalah sebesar 23.5 MW (41%). Sedangkan pembebanan IBT 250 MVA Ulee Kareng adalah sebesar 108.9 MW (44%). Tidak ada

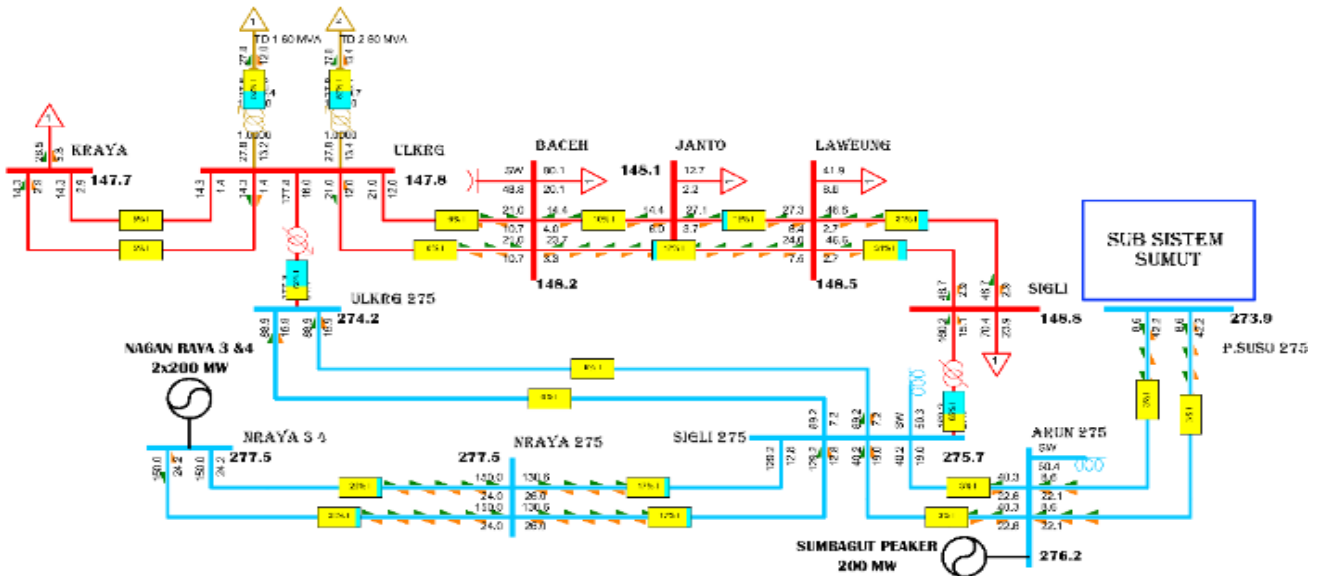
pembebanan segmen transmisi yang melebihi 50% (masih memenuhi kriteria N-1). Tegangan GI disekitar GI 150 kV Ulee Kareng masih dalam batasan operasional *grid code*, yakni minimum 135 kV (-10%) dan maksimum 157,5 kV (+5%).



Gambar 3. Simulasi Aliran daya setelah penambahan TD #2 Ulee Kareng tahun 2024

Berikut ini hasil simulasi dan analisa aliran daya Tahun 2030 Subsistem Aceh pada saat trafo ekstensi 60 MVA GI 150 kV Ulee Kareng beroperasi. Dari hasil analisa aliran daya pada tahun 2030, diketahui bahwa setelah penambahan TD#2 GI 150 kV Ulee Kareng, maka pembebanan untuk masing-masing trafo adalah sebesar 27.8 MW (52%). Sedangkan

pembebanan IBT 250 MVA Ulee Kareng adalah sebesar 177.8 MW (72%). Tidak ada pembebanan segmen transmisi yang melebihi 50 % (masih memenuhi kriteria N-1). Tegangan GI disekitar GI 150 kV Ulee Kareng masih dalam batasan operasional *grid code*, yakni minimum 135 kV (-10%) dan maksimum 157,5 kV (+5%).



Gambar 4. Simulasi Aliran daya setelah penambahan TD #2 Ulee Kareng tahun 2030

D. Analisis Hubung Singkat

Dari hasil simulasi hubung singkat menunjukkan bahwa arus hubung singkat tiga fasa yang mungkin terjadi sebelum dan sesudah beroperasinya TD #2 *extension* GI 150 kV Ulee Kareng.

TABEL 3. ARUS HUBUNG SINGKAT (ISC) 3 FASA SEBELUM DAN SESUDAH BEROPERASI TD #2 ULEE KARENG 2024-2026

No	Gardu Induk	Teg. (kV)	2024	2025	2026
			(Sebelum)	Arus (kA)	Arus (kA)
1	krueng Raya	150	5,93	5,93	5,97
2	Ulee Kareng	150	6,60	6,60	6,64
3	Banda Aceh	150	6,35	6,35	6,38

4	Jantho	150	5,00	4,99	5,00	5,04
5	Laweung	150	-	-	9,10	8,15
6	Sigli	150	8,97	8,96	9,01	9,06
7	Ulee Kareng	275	5,62	5,62	5,65	5,68
8	Nagan Raya	275	8,90	8,90	8,95	8,98
9	Nagan PLTU 3, 4	275	8,90	8,89	8,94	8,97
10	Sigli	275	8,51	8,51	8,58	8,62
11	Arun	275	12,32	12,32	12,47	12,63

TABEL 4. ARUS HUBUNG SINGKAT (ISC) 3 FASA SEBELUM DAN SESUDAH BEROPERASI TD #2 ULEE KARENG 2027-2030

No	Gardu Induk	Teg. (kV)	2027	2028	2029	2030
			Arus (kA)	Arus (kA)	Arus (kA)	Arus (kA)
1	krueng Raya	150	5,98	5,98	5,98	5,97
2	Ulee Kareng	150	6,65	6,65	6,65	6,64

3	Banda Aceh	150	6,39	6,39	6,39	6,38
4	Jantho	150	5,04	5,04	5,04	5,03
5	Laweung	150	8,16	8,16	8,17	8,15
6	Sigli	150	9,07	9,07	9,08	9,06
7	Ulee Kareng	275	5,69	5,68	5,69	5,68
8	Nagan Raya	275	8,99	8,99	8,99	8,98
9	Nagan PLTU 3, 4	275	8,98	8,98	8,98	8,97
10	Sigli	275	8,63	8,63	8,64	8,63
11	Arun	275	12,65	12,65	12,69	12,68

Rated capacity hubung singkat peralatan adalah 70 kV = 25 kA; 150 kV = 31,5 kA dan 275 kV = 40 kA (SK DIR NO. 216.K/DIR/2013 terkait standarisasi spesifikasi teknis MTU). Hasil arus hubung singkat 3 fasa di sekitar proyeksi masih dibawah *rating capacity* peralatan terpasang sebesar 31,5 kA (150 kV) dan 40 kA (275 kV).

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisis kelayakan transformator 60 MVA pada gardu induk Ulee Kareng dapat disimpulkan bahwa pada sisi pembebanan penghantar 150 kV tahun 2024 beban TD#1 sudah mencapai 47,1 MW (82,1%) maka perlu dilakukan penambahan kapasitas atau unit. Hasil simulasi penambahan TD #2 60 MVA GI 150 kV Ulee Kareng melalui aplikasi ETAP mulai dari tahun 2024-2030 sesuai RUPTL tidak terdapat segmen transmisi yang tidak memenuhi kriteria N-1 (pembebanan diatas 50%). Beroperasinya *extension* TD#2 GI Ulee Kareng dapat menurunkan pembebanan TD#1 dan meningkatkan keandalan serta fleksibilitas operasi dimana pembebanan trafo GI 150 kV Ulee Kareng tahun 2030 sudah mencapai 52% sehingga perlu dipertimbangkan untuk menambah lagi agar N-1 terpenuhi. Arus hubung singkat yang mungkin terjadi masih dibawah *rated capacity* peralatan untuk 150 kV sebesar 31,5 kA dan untuk 275 kV sebesar 40 kA.

REFERENSI

- [1] A. Tomi, Muliadi, and Syukri, "Analisis Efisiensi Transformator Daya di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Ulee Kareng," Aceh J. Electr. Eng. Technol., vol. 3, no. 1, pp. 8–13, 2023.
- [2] Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2015-2034. Jakarta, 2015.
- [3] F. M. B. Siahhaan, "Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Konstruksi Pada PT. PLN (Persero) UIP Sumbagut," Universitas Medan Area, 2021.
- [4] K. Ababil, "Analisa Perbandingan Kelayakan Tahanan Isolasi Transformator Daya Menggunakan Pengujian Indeks Polaritas, Tangen Delta, BDV (Breakdown Voltage), dan Rasio Tegangan di Gardu Induk 150 kV Ulee Kareng," Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry, 2023.
- [5] PT.PLN (Persero), Diseminasi RUPTL 2021-2030. 2021.
- [6] Menteri ESDM, Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2013-2022. Jakarta, 2013.
- [7] N. Randa, M. Liga, D. Mangopo, E. M. Ohee, and M. A. Reza, "Analisis Kontingensi Sistem Transmisi Kelistrikan Jayapura Menggunakan Etap 19.0.1," J. Teletronik, vol. 1, no. 2, pp. 14–23, 2023.
- [8] E. Ediwan, M. Muliadi, M. Mahalla, N. Nazaruddin, and A. Mulkan, "The Reconfiguration of Network at 20 kV Distribution System Nagan Raya Substation with the Addition of the Krung Isep Hydroelectric Power Plant," J. Nas. Tek. Elektro, vol. 10, no. 2, 2021, doi: 10.25077/jnte.v10n2.888.2021.