

ANALISIS ALIRAN DAYA SISTEM KELISTRIKAN 150 KV BALI SAAT REKONDUKTORING SUTT GILIMANUK – NEGARA – ANTOSARI

M.K. Huda, W.G. Ariastina, I W. Sukerayasa
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Udayana
muhammad.huda046@gmail.com

ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik yang tumbuh pesat di Pulau Bali, membuat PT PLN (Persero) mengupayakan langkah – langkah strategis dalam melayani pelanggan. Rekonduktoring SUTT 150 kV Gilimanuk – Negara – Antosari merupakan salah satu upaya yang dilakukan PT PLN (Persero) dalam meningkatkan kehandalan Sistem Kelistrikan Bali. Proses Rekonduktoring memerlukan pemadaman saluran selama 1 bulan pada setiap sirkuitnya. Untuk itu diperlukan studi untuk mengidentifikasi kesiapan sistem kelistrikan Bali dengan menggunakan aplikasi simulator analisis aliran daya. Simulasi dilakukan dengan memadamkan masing – masing Penghantar 150 kV di Sistem Kelistrikan Bali secara bergantian dengan memperhatikan empat skenario yaitu sebelum dilakukan rekonduktoring, rekonduktoring sirkuit 1, rekonduktoring sirkuit 2, dan setelah dilakukan rekonduktoring. Pencatatan tegangan dilakukan di setiap bus dengan toleransi $\pm 5\%$ V_{nom} . pencatatan beban dilakukan pada setiap penghantar 150 kV yang aktif dengan kapasitas maksimum 80% I_{nom} . Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa anomali (penyimpangan yang tidak seharusnya) hanya didapatkan ketika simulasi pekerjaan rekonduktoring sirkuit 1 jika SUTT 150 kV Gilimanuk – Celukan Bawang *trip*, menyebabkan beban melebihi 80% I_{nom} pada SUTT 150 kV Gilimanuk - Pamaron dan SUTT Gilimanuk - Negara - Antosari 2.

Kata kunci : Rekonduktoring, SUTT 150 kV

ABSTRACT

The need for electricity that is growing rapidly on the island of Bali, makes PT PLN (Persero) seek strategic steps in serving customers. Gilimanuk - Negara - Antosari Reconductoring SUTT 150 kV is one of the efforts made by PT PLN (Persero) to improve the reliability of the Bali Electricity System which is used to overcome power evacuation problems in the future. Reconductoring goes through a one-month trip phase in each circuit. For this reason, a study is needed to identify the electricity system readiness by using a power flow analysis simulator application. The simulation is done by extinguishing each of the 150 kV conductors in the Bali Electricity System alternately by taking into account four scenario namely before conducting a reconductor, reconductor circuit 1, reconductor circuit 2, and after reconductor. Voltage recording is carried out on each bus with a tolerance of $\pm 5\% V_{nom}$, recording of the load is carried out on each active 150 kV conductor with a maximum capacity of 80% I_{nom} . The results of the simulation show that the anomaly is only obtained when the simulation of circuit 1 reconductor works if SUTT 150 kV Gilimanuk - Celukan Onion trip, causing a load exceeding 80% I_{nom} on SUTT 150 kV Gilimanuk - Pamaron and SUTT Gilimanuk - Negara - Antosari 2.

Key Words : Reconductoring, 150 kV Transmission Line

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data PT PLN (Persero) APB Bali bulan Juni 2017, beban mampu

pasok di sistem kelistrikan Bali adalah 1236,5 MW, 360 MW diantaranya berasal dari Kabel Laut Jawa - Bali yang melewati SUTT 150 kV Gilimanuk – Negara – Antosari – Kapal sebesar 60%. Dengan meningkatnya kebutuhan listrik di pusat beban (Bali Selatan) dan sebagai upaya untuk menghindari beban lebih pada jalur transmisi tersebut, dibutuhkan peningkatan Kemampuan Hantar Arus (KHA) pada SUTT 150 kV Gilimanuk – Negara – Antosari – Kapal.

Pekerjaan Penggantian Konduktor (Rekonduktoring) SUTT 150 kV Gilimanuk – Negara – Antosari merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan keandalan sistem kelistrikan 150 kV Bali. Penggantian konduktor ACSR 240 mm² yang mempunyai KHA sebesar 651 A dengan konduktor ACCC/TW 310 mm² yang mempunyai KHA 1285 A. Dengan demikian akan ada peningkatan KHA sebesar 634 A pada setiap sirkuitnya. Pekerjaan rekonduktoring SUTT 150 kV Gilimanuk – Negara – Antosari dilakukan dengan metode padam total pada satu sirkuit. Proses uprating konduktor berlangsung selama 60 hari. Sehingga pengaturan beban dan keandalan sistem kelistrikan menjadi sangat penting selama proses tersebut berlangsung.

Sehubungan dengan hal tersebut, pada penelitian ini dilakukan kajian tentang apa yang akan terjadi pada aliran daya sistem kelistrikan Bali apabila satu penyulang transmisi 150 kV di sistem kelistrikan Bali terbuka (*trip*) selama pekerjaan rekonduktoring berlangsung. Bagaimana dampaknya ketika belum dilakukan rekonduktoring, bagaimana dampaknya ketika salah satu Sirkuit SUTT 150 kV Gilimanuk – Negara – Antosari yang beroperasi masih menggunakan konduktor TACSR 240 mm², bagaimana dampaknya ketika salah satu Sirkuit SUTT 150 kV Gilimanuk – Negara – Antosari yang beroperasi sudah menggunakan konduktor ACCC/TW 310 mm², dan bagaimana dampaknya ketika SUTT 150

kV Gilimanuk – Negara – Antosari telah selesai rekonduktoring.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Mutakhir

Studi aliran daya pernah dilakukan pada sistem interkoneksi 150 kV dan 70 kV Sulawesi Selatan. Dengan penambahan *shunt capacitor*, bus yang sebelumnya memiliki tegangan kritis menjadi tegangan yang memenuhi standar operasi [1].

Penelitian lainnya dilakukan studi analisis aliran daya pada Sistem Tenaga Listrik Gorontalo. Dengan adanya interkoneksi dua sistem kelistrikan 150 kV (Gorontalo dan Minahasa) memerlukan simulasi pemberian beban untuk menilai kehandalan sistem ketika *Isolated* dan Interkoneksi [2].

Penelitian tentang analisis aliran daya dengan metode injeksi arus juga dilakukan untuk mengetahui efisiensi perhitungan jumlah iterasi, dimana metode tersebut merupakan pengembangan dari metode *Newton Rhapson*. Dari hasil analisis, metode injeksi arus terbukti lebih cepat dan memiliki lebih sedikit iterasi dibandingkan dengan metode *Newton Rhapson* [3].

2.2. Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem yang terdiri dari beberapa macam peralatan listrik. Adapun susunan pada sistem tenaga listrik biasanya terdiri dari 3 (tiga) bagian utama [4]. Sistem Pembangkit berfungsi untuk membangkitkan energi listrik, terdapat beberapa jenis pembangkit antara lain pembangkit *thermal* seperti PLTU, PLTP, PLTD dan pembangkit non *thermal* seperti PLTA, PLTB, PLTS. Energi listrik yang dihasilkan pembangkit tersebut disalurkan melalui sistem transmisi. Variasi tegangan pada sistem transmisi meliputi tegangan tinggi (TT) yaitu tegangan sistem di atas 35 kV s/d 245 kV dan tegangan ekstra tinggi (TET) yaitu tegangan sistem di atas 245 kV [5]. Saluran transmisi disalurkan dari pembangkit ke pusat beban melalui saluran udara dan kabel bawah tanah. Setelah

proses penyaluran, maka tegangan diturunkan di Gardu Induk sesuai kebutuhan untuk didistribusikan ke beban [6] melalui transformator daya yang teradapat di Gardu Induk Beban.

2.3. Studi Aliran Daya

Studi aliran daya mengungkapkan kinerja dan aliran daya (nyata dan reaktif) untuk keadaan tertentu ketika sistem bekerja saat tunak (*steady state*). Studi aliran daya juga memberikan informasi mengenai beban saluran transmisi di sistem, tegangan di setiap lokasi untuk evaluasi regulasi kinerja sistem tenaga dan bertujuan untuk menentukan besarnya daya nyata (*real power*), daya reaktif (*reactive power*) di berbagai titik pada sistem daya yang dalam keadaan berlangsung atau diharapkan untuk operasi normal [7]

Secara umum, simulasi aliran daya pada sebuah jaringan sistem tenaga listrik dapat digambarkan sebagai berikut :

- a. Masukan daya/beban yang diperlukan/dikonsumsi pada semua bus
- b. Masukan daya keluaran/output dari semua pembangkit
- c. Amati dan analisis daya yang mengalir pada masing-masing transmisi dan trafo, perhatikan pula tegangan di masing-masing bus pada sistem tersebut.

Simulasi aliran daya harus dilakukan dengan memperhatikan beberapa persyaratan sebagai berikut :

- a. Sistem tenaga listrik yang disimulasikan harus beroperasi tanpa pembebanan berlebih (*overload*) pada peralatan-peralatan transmisi, trafo dan generator.
- b. Tegangan pada masing-masing bus berada pada batas/kriteria keandalan sistem (untuk sistem 150 kV : $90\% < V_n < 105\%$ dan untuk sistem 500 kV : $95\% < V_n < 105\%$) [8]
- c. Menjaga keluaran daya aktif dan reaktif pada tiap-tiap generator pada

batas-batas yang sesuai dengan *capability curve* masing – masing generator

2.3.1. Input dan Output dari Perhitungan Aliran Daya

Pada simulasi aliran daya, secara umum gardu induk direpresentasikan dengan nama bus, antara lain [9]:

- a. *Generator Bus (PV Bus)* merupakan bus yang terhubung pada generator dan berfungsi untuk control tegangan (*voltage control*). Pada bus jenis ini nilai tegangan dan daya nyata dibutuhkan untuk mencari daya reaktif generator dan sudut fasa tegangan pada bus.
- b. *Load Bus (PQ Bus)* merupakan bus yang terhubung ke beban. Pada bus jenis ini, daya nyata dan daya reaktif diisi secara spesifik.
- c. *Slack Bus/Swing Bus* merupakan bus referensi dan dapat difungsikan menjadi *generator bus* atau *load bus*. Pada bus jenis ini, dibutuhkan injeksi daya nyata yang bernilai positif untuk *PV Bus* dan bernilai negative untuk *PQ Bus*. Losses tidak diketahui sampai simulasi aliran daya dijalankan.

Selain input dan output dari tipe bus pada simulasi aliran daya, terdapat beberapa input yang harus dilakukan saat melakukan simulasi aliran daya antara lain :

- o Impedansi, admitansi charging, reaktansi dan resistansi dari Transmisi.
- o Beban yang disalurkan dari suatu bus
- o Daya reaktif yang ikut disalurkan dari suatu bus
- o Daya yang dibutuhkan oleh masing-masing bus dari sistem.
- o Daya keluaran dari masing-masing generator.
- o Daya maksimum dan minimum yang dapat dihasilkan generator
- o Daya reaktif dan besar tegangan bus dari masing-masing generator.
- o *Maximum* and *minimum* kemampuan daya reaktif dari masing-masing generator.

2.3.2. Penyelesaian Aliran Daya

Penyelesaian persolaan aliran daya adalah *nonlinear* dan memerlukan perhitungan persamaan aliran daya dan pemrosesan *error* secara berulang (iterasi). Cara Sempel tetapi Efektif dengan skema iterasi adalah sebagai berikut:

- a. Buat estimasi awal dari tegangan untuk masing-masing bus.
- b. Hitung estimasi vektor arus yang mengalir titik pada masing-masing bus dari kondisi batasan seperti berikut:
 $P_k + Q_k = v_k \cdot i_k$
- c. Perhitungan diatas menghasilkan Estimasi vektor tegangan baru untuk masing-masing bus.

Kembali ke huruf b dan ulangi tahapan sampai hal tersebut konvergen (Estimasi tegangan yang tidak berubah dari tegangan sebelumnya).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data beban, pembangkitan, dan transmisi. Selanjutnya *Input* data pada aplikasi analisis aliran daya lalu dilakukan simulasi aliran daya sistem kelistrikan Bali dengan 4 skenario yaitu sebelum rekonduktoring SUTT Gilimanuk – Negara –

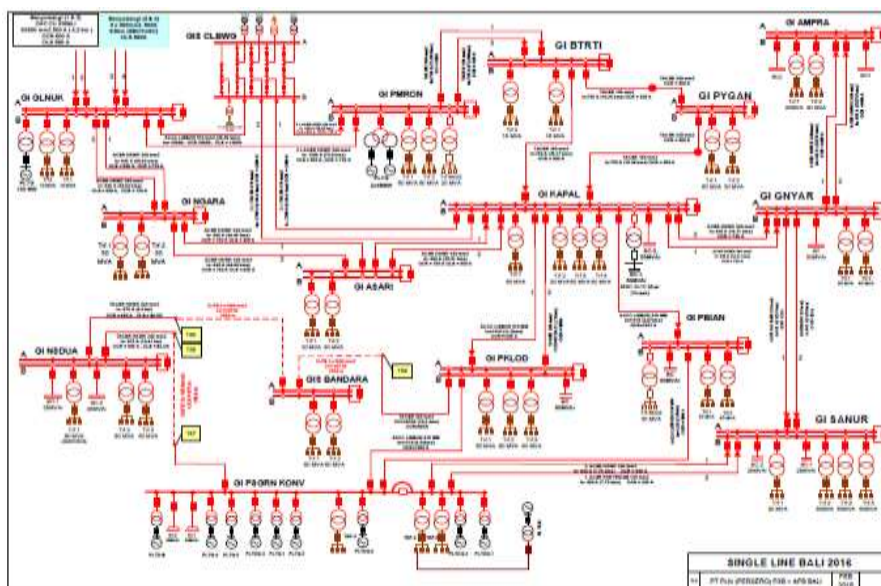
Antosari, saat rekonduktoring Line 1 SUTT Gilimanuk – Negara – Antosari, saat rekonduktoring Line 2 SUTT Gilimanuk – Negara – Antosari, dan setelah rekonduktoring SUTT Gilimanuk – Negara – Antosari. Empat skenario tersebut dilakukan dengan simulasi *trip* pada salah satu SUTT 150 kV di sistem kelistrikan Bali secara bergantian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Sistem Tenaga Listrik

Transmisi tenaga listrik merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari *power plan* sampai *substation* sehingga dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna tenaga listrik melalui konduktor [10]

Sistem Kelistrikan 150 kV Bali memiliki Pusat tenaga listrik thermal seperti PLTU Celukan Bawang dan PLTD/G Pesanggaran sebagai Pembangkit utama dan beberapa pembangkit cadangan seperti PLTG Gilimanuk dan PLTG Pamaran. Sistem Kelistrikan Bali juga memiliki 38 Transformator Daya dengan daya mampu pasok sebesar 1547,85 MW yang tersebar di 16 Gardu Induk dan dihubungkan dengan 31 Transmisi 150 kV.



Gambar 1. Single Line Diagram Sistem Kelistrikan 150 kV Bali

4.2. Persyaratan Analisis, Batasan, dan Skenario yang digunakan

Penelitian yang dilakukan mengambil sampel kondisi aktual Sistem Kelistrikan Bali pada waktu tertentu. Waktu dilakukannya simulasi ini berdasarkan beban puncak tertinggi yang terjadi pada tahun 2017, mengacu pada data yang diperoleh dari PT PLN (Persero) UP2B Bali yaitu terjadi pada tanggal 9 November 2017 pukul 19.00 WITA. Daya yang dihasilkan oleh Pembangkit yang berada di Bali adalah 494,5 MW dan 65 MVar dan kabel laut Jawa – Bali sebesar 357 MW dan -154 MVar yang berarti total keseluruhan pasokan daya pada sistem kelistrikan bali adalah 851,5 MW dan -154 MVar sedangkan beban transformator di saat yang sama sebesar 805,6 MW. Serta kapasitor yang digunakan selama beban puncak tersebut adalah 375 MVar dari 400 MVar kapasitas terpasang.

4.2.1. Skenario 1

1. Parameter *input* data impedansi, *line charging*, dan maksimum MVA dari saluran transmisi mengacu pada waktu sebelum dilakukan Rekonduktoring SUTT 150 kV Gilimanuk – Negara – Antosari.
2. Satu penghantar dilepas (*trip*) kemudian nilai tegangan dan besar daya tersalur dicatat dalam tabel yang telah dibuat, lakukan pada penghantar lainnya

4.2.2. Skenario 2

1. Parameter *input* data impedansi, *line charging*, dan maksimum MVA dari saluran transmisi mengacu pada waktu sebelum dilakukan Rekonduktoring SUTT 150 kV Gilimanuk – Negara – Antosari.
2. SUTT 150 kV Gilimanuk – Negara – Antosari Sirkuit 1 padam permanen.
3. Satu penghantar dilepas (*trip*) kemudian nilai tegangan dan besar daya tersalur dicatat dalam tabel yang telah dibuat, lakukan pada penghantar lainnya

4.2.3. Skenario 3

1. Parameter *input* data impedansi, *line charging*, dan maksimum MVA dari saluran transmisi mengacu pada waktu setelah dilakukan Rekonduktoring SUTT 150 kV Gilimanuk – Negara – Antosari. Data dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1 Data Konduktor Lama
Sumber: PT PLN (Persero) APP Bali

PHT	Data Konduktor Lama			
	R (p.u)	X (p.u)	Line Charging (p.u)	Daya Maks MVA
GLM – NGR #1	0,0186	0,0556	0,00014	167,6
GLM – NGR #2	0,0186	0,0556	0,00014	167,6
NGR – ASR #1	0,0235	0,0704	0,00014	167,6
NGR – ASR #2	0,0235	0,0704	0,00014	167,6

Tabel 2 Data Konduktor Baru
Sumber: PT PLN (Persero) UPPJJBTB3

PHT	Data Konduktor Baru			
	R (p.u)	X (p.u)	Line Charging (p.u)	Daya Maks MVA
GLM – NGR #1	0,0138	0,0350	0,00048	324,8
GLM – NGR #2	0,0138	0,0350	0,00048	324,8
NGR – ASR #1	0,0175	0,0443	0,00048	324,8
NGR – ASR #2	0,0175	0,0443	0,00048	324,8

2. Satu penghantar dilepas (*trip*) kemudian nilai tegangan dan besar daya tersalur dicatat dalam tabel yang telah dibuat, lakukan pada penghantar lainnya

4.2.4. Skenario 4

1. Parameter *input* data impedansi, *line charging*, dan maksimum MVA dari saluran transmisi mengacu pada waktu setelah dilakukan Rekonduktoring SUTT 150 kV Gilimanuk – Negara – Antosari.
2. Satu penghantar dilepas (*trip*) kemudian nilai tegangan dan besar daya tersalur dicatat dalam tabel yang telah dibuat, lakukan pada penghantar lainnya

4.3. Hasil Simulasi Aliran Daya

Berdasarkan Skenario yang telah disampaikan pada sub bab sebelumnya didapatkan hasil sebagai berikut

4.3.1. Skenario 1

Ketika transmisi eksisting diberikan simulasi *trip* penghantar, tidak terjadi perubahan signifikan. Tegangan tertinggi pada Bus Celukan Bawang (104,13% Vnom) dan tegangan terendah pada Bus Gilimanuk (97,48%). Sedangkan prosentase KHA tertinggi pada SUTT Kapal – Pklod 2 sebesar 78,8%.

4.3.2. Skenario 2

ketika proses *uprating* konduktor berlangsung dimana SUTT 150 kV Gilimanuk – Negara – Antosari Line 1 padam secara permanen lalu dilakukan simulasi padam tiap penghantar, tegangan tertinggi terdapat pada Bus Celukan Bawang (104,89% Vnom) dan tegangan terendah terdapat pad Bus Gilimanuk (97,48% Vnom). Terdapat satu simulasi yang menyebabkan tiga penghantar mencapai titik kritis (>80% kapasitas penghantar) yaitu ketika simulasi *trip* penghantar dilakukan pada SUTT 150 kV Gilimanuk – Celukan Bawang. Hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 3.

Ketika simulasi berlangsung, evakuasi daya dari Pulau Jawa sebesar 350 MW melewati GI Gilimanuk akan dikonsumsi oleh transformator daya terlebih dahulu sebelum disalurkan ke pusat beban melalui 4 transmisi.

Tabel 3. Hasil Simulasi Skenario 2

NO	TRIP BAY LINE			TEG. MAKS (<105% Vnom)		TEG. MIN (>90% VNom)		PERSENTASE ARUS TERHADAP KHA			
	FROM	TO	LINE	BUS	% kV	BUS	% kV	FROM	TO	LINE	% KHA
1	GLM	-	NGR	1	104,13	GLM	97,73				
2	NGR	-	ASR	1		GLM	97,69	GLM	-	NGR	2
	GLM	-	CLB			GLM		GLM	-	PMR	81,84
						GLM		NGR	-	ASR	2
3	GLM	-	PMR		100,10	GLM	0,98				
4	GLM	-	NGR	2	99,55	GLM	97,61	KPL	-	PKL	2
5	NGR	-	ASR	2	99,81	GLM	97,64	KPL	-	PKL	2
6	CLB	-	PMR		100,31	GLM	97,65	GLM	-	NGR	2
7	CLB	-	KPL	1	99,10	GLM	96,99	GLM	-	NGR	2
8	CLB	-	KPL	2	99,10	GLM	96,99	GLM	-	NGR	2
9	PMR	-	BTR	1	99,75	GLM	97,66	GLM	-	NGR	2
10	PMR	-	BTR	2	99,89	GLM	97,69	GLM	-	NGR	2
11	ASR	-	KPL	1	99,89	GLM	97,69	KPL	-	PKL	2
12	ASR	-	KPL	2	99,89	GLM	97,69	KPL	-	PKL	2
13	BTR	-	PYG		99,78	GLM	97,67	GLM	-	NGR	2
14	BTR	-	KPL		99,86	GLM	97,68	GLM	-	NGR	2
15	KPL	-	PKL	1	99,85	GLM	97,68	KPL	-	PKL	2
16	KPL	-	PKL	2	99,81	GLM	97,67	KPL	-	PKL	1
17	KPL	-	GYR	1	99,85	GLM	97,68	KPL	-	PKL	2
18	KPL	-	GYR	2	99,85	GLM	97,68	KPL	-	PKL	2
19	KPL	-	PSB		99,80	GLM	97,67	KPL	-	PKL	2
20	PKL	-	PSG		99,90	GLM	97,69	GLM	-	NGR	2
21	PKL	-	BDR		99,85	GLM	97,68	GLM	-	NGR	2
22	BDR	-	NSD		99,89	GLM	97,69	GLM	-	NGR	2
23	PSG	-	PSB	1	99,89	GLM	97,69	KPL	-	PKL	2
24	PSG	-	NSD	2	99,87	GLM	97,69	KPL	-	PKL	2
25	PSG	-	SNR	1	99,89	GLM	97,69	PSG	-	SNR	2
26	PSG	-	SNR	2	99,90	GLM	97,69	GLM	-	NGR	2
27	SNR	-	GYR	1	99,89	GLM	97,69	GLM	-	NGR	2
28	SNR	-	GYR	2	99,89	GLM	97,69	GLM	-	NGR	2
29	GYR	-	AML	1	99,86	GLM	97,69	GLM	-	NGR	2
30	GYR	-	AML	2	99,86	GLM	97,69	GLM	-	NGR	2
31	PYG	-	KPL		99,92	GLM	97,68	GLM	-	NGR	2

Daya yang diserap oleh Transformator GI Gilimanuk adalah 12,5 MW sehingga daya dilanjutkan sebesar 206,1 MW ke GI Pamaron dan 129,9 MW ke GI Negara . Sedangkan evakuasi daya melewati GI Negara akan dikonsumsi oleh transformator daya terlebih dahulu sebelum disalurkan ke pusat beban melalui 1 transmisi. Daya yang diserap oleh Transformator GI Negara adalah 18 MW sehingga daya dilanjutkan ke GI Antosari sebesar 108 MW. Hasil simulasi skenario 2 dapat dilihat secara detail meliputi nilai tegangan tertinggi, tegangan terendah dan presentase arus terhadap KHA.

SUTT 150 kV Gilimanuk – Negara – Antosari menggunakan konduktor ACSR 240 mm² dengan KHA 645 A sehingga dapat mengalirkan daya sebesar 167,576 MVA, maka besar evakuasi daya SUTT 150 kV Gilimanuk – Negara – Antosari (per sirkit) pada 80% kapasitas adalah 134,06 MVA. Berdasarkan hasil simulasi, daya semu yang diterima di GI Negara adalah 149,9 MVA dimana secara teori SUTT 150 kV Gilimanuk – Negara dibebani

$\frac{149,9}{167,576} 100\% = 89,45\%$ sesuai dengan hasil simulasi. Sedangkan daya semu yang diterima di GI Antosari adalah 139,5 MVA dimana secara teori SUTT 150 kV Negara – Antosari dibebani $\frac{139,5}{167,576} 100\% = 83,24\%$ sesuai dengan hasil simulasi.

SUTT 150 kV Gilimanuk – Pemaron menggunakan dua konduktor yang berbeda, dari Gantry GI Gilimanuk – T.151 menggunakan konduktor 2xACCC Lisbon 310 mm² dengan KHA 2500 A dan dari T.151 – Gantry GI Pemaron menggunakan 2xACSR 240 mm² dengan KHA 1290 A. Dari perbedaan dua konduktor yang dipasang seri tersebut tentu ada dua impedansi berbeda yang terpasang seri. Nilai Impedansi 2xACCC Lisbon dari Gantry GI Gilimanuk – T. 151 adalah 0,0444+j0,1125 dengan panjang 48,6721 m dan dari T.151 – Gantry GI Pemaron adalah 0,0598+j0,1790 dengan panjang 26,9965 m sehingga nilai impedansi SUTT 150 kV Gilimanuk – Pemaron adalah :

$$\begin{aligned} &(0,0444 + j0,1125)48,6271 \\ &+ (0,0598 \\ &+ j0,1790)26,9965 \\ &= 3,7741 + j10,3080 \end{aligned}$$

Apabila dikonversi ke satuan p.u adalah : $\frac{3,7741 + j10,3080}{225} = 0,01677 + j0,04581 pu$

Untuk mengalirkan daya, SUTT Gilimanuk – Pemaron menggunakan konduktor dengan KHA terkecil yaitu 1290 A sehingga didapat nilai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} VA_{LL} &= \sqrt{3} \times 1290 \times 150000 \\ &= 335.151.831,265 VA \\ &= 335,152 MVA \end{aligned}$$

Dengan nilai 80% kapasitas, maka didapat nilai sebagai berikut :

$$0,8 \times 335,152 = 268,121 MVA$$

Berdasarkan hasil simulasi, daya semu yang diterima di GI Pemaron adalah 274,3 MVA dimana secara teori SUTT 150 kV Gilimanuk - Pemaron dibebani $\frac{274,3}{335,1526} 100\% = 81,84\%$ sesuai dengan hasil simulasi.

4.3.3. Skenario 3

ketika proses uprating konduktor berlangsung dimana SUTT 150 kV Gilimanuk – Negara – Antosari *Line 2* padam secara permanen lalu dilakukan simulasi padam tiap penghantar, KHA kritis pada SUTT 150 kV sudah tidak ditemukan. Adapun Tegangan tertinggi terdapat pada Bus Celukan Bawang (104,85% Vnom) dan Tegangan terendah terdapat pada Bus Gilimanuk (97,61 % Vnom)

4.3.4. Skenario 4

Ketika pekerjaan rekonduktoring selesai dan SUTT Gilimanuk – Negara – Antosari mengalami kenaikan KHA, tidak ada nilai KHA kritis Ketika dilakukan simulasi. Tegangan tertinggi terdapat pada Bus Celukan Bawang (104,13% Vnom) dan Tegangan terendah terdapat pada Bus Gilimanuk (97,48 % Vnom)

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dari hasil simulasi aliran daya sistem kelistrikan Bali dengan 4 skenario, dapat disimpulkan :

1. Selama proses rekonduktoring berlangsung, terdapat kondisi dimana MVA melebihi 80% kapasitas terpasang, yaitu Ketika Rekonduktoring *line 1* berlangsung dan SUTT 150 kV Gilimanuk – Celukan Bawang mengalami *trip*. SUTT yang terdampak yaitu SUTT Gilimanuk – Negara 2 sebesar 89,5%, SUTT Gilimanuk – Pemaron sebesar 82,5% dan SUTT Negara – Antosari 2 sebesar 83,3%
2. Setelah selesai proses rekonduktoring, tidak ada anomali sesuai dengan kriteria toleransi tegangan dan KHA.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Djalal, M R, dan Haikal M A. 2013. Penyelesaian Aliran Daya 37 Bus Dengan Metode Newton Raphson (Studi Kasus Sistem Interkoneksi 150 kV Sulawesi Selatan). J. Intake. 4(1). 1-9

- [2] Harun, E H dan Yusuf, T I. 2012. Analisis Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik 150 Kv Gorontalo Menggunakan Metode Newton Rhapson. Gorontalo (ID) : Universitas Negeri Gorontalo
- [3] Manuaba. I.B.G, Yasa, K. A 2009 Analisis Aliran Daya dengan Metode Injeksi Arus pada Sistem Distribusi 20 kV. Majalah Ilmiah Teknik Elektro 8(1) 46 – 51
- [4] Sulasno. 1993. Analisis Sistem Tenaga Listrik.Semarang: Universitas Diponegoro
- [5] SPLN. 1995. Standar – Standar Tegangan 1. Jakarta: PT PLN (Persero)
- [6] Nugroho, Wisnu Sri., Mengenal Sistem Tenaga Listrik [online]. Wordpress.[dilihat 10 Juli 2020]. Dari: <https://catatanwsn.wordpress.com/2017/11/11/mengenal-sistem-tenaga-listrik/>
- [7] Fauzi, Muhammad, Sukerayasa, I W., Ariastina,W.G..2018. Pengaruh Pemindahan SUTT 150 kV Celukan Bawang – Kapal Terhadap Aliran Daya Sistem Bali. Majalah Ilmiah Teknologi Elektro 17(1) 86 – 93.
- [8] Permen ESDM. 2007. Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik Jawa – Madura – Bali. 03. Jakarta:Kementrian ESDM
- [9] Electrical Fact ., Classification of Power System Buses, types of bus-load bus, generator bus, slack bus [online]. Electric Portal [dilihat 10 Juli 2020]. Dari: <https://www.electricportal.info/2019/04/classification-of-buses-in-power-system.html>
- [10] Pratiwi, Nur Ayu Puspita Indra, Arjana, I Gede Dyana, dan Weking, Antonius Ibi. 2018. Studi Analisis Kemampuan Penyediaan Suplai Daya Akibat Peningkatan beban di Gardu Induk Nusa Dua. Jurnal Spektrum 5(1) 123 - 12