

Pengaruh Kontingensi Saluran (N-1) pada Tegangan Bus Sistem 70 kV Palembang

Taufik Barlian¹, Wiwin A Oktaviani², Yosi Apriani³

^{1,2,3}*Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang*

Taufikbar018@gmail.com¹, winarvin1302@gmail.com², yosi_apriani@um-palembang.ac.id³

Received 26 Desember 2022 | Revised 03 Januari 2023 | Accepted 06 Januari 2023

ABSTRAK

Kemungkinan kejadian yang diakibatkan kegagalan satu atau lebih komponen jaringan seperti keluarnya satu saluran dari sistem disebut dengan kontingensi saluran (N-1). Keluarnya salah satu saluran transmisi dari sistem tenaga listrik baik yang disebabkan oleh gangguan atau pemeliharaan dapat menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan dalam sistem seperti naik atau turunnya tegangan yang diluar batas standar dan pembebanan lebih pada saluran. Keaman suatu sistem tenaga apabila salah satu salurannya keluar dari sistem dapat ditinjau dengan analisa kontingensi saluran.

Dalam simulasi ini konfigurasi jaringan transmisi disesuaikan dengan sejumlah skema kontingensi saluran N-1 yang telah ditetapkan. Ada 3 skema kontingensi yang disajikan dari 10 skema yang telah ditetapkan, yaitu satu skema operasi normal dan dua skema kontingensi yang menyebabkan sistem dalam kondisi tidak aman untuk beroperasi. Simulasi ini bertujuan untuk meninjau perubahan profil tegangan setiap bus baik dalam keadaan normal maupun dalam kondisi kontingensi.

Hasil simulasi aliran daya untuk skema operasi 0 (kondisi Normal) memperlihatkan bahwa profil tegangan setiap bus masih dalam kondisi aman. Dimana peningkatan tegangan yang tertinggi pada bus 8 dengan besar tegangan 70,90 kV atau 1.3% lebih tinggi dari tegangan nominal 70 kV. Sedangkan penurunan tegangan yang terendah pada bus 7 dengan nilai tegangan 67,32 kV atau 3,83% lebih rendah dari tegangan nominal.

Dari 10 skema simulasi kontingensi saluran yang dilakukan ada dua skema yang tidak aman untuk operasi sistem yaitu skema 6 dan skema 2 berdasarkan urutan. Sedangkan 8 skema lainnya relatif aman untuk operasi sistem karena peningkatan dan penurunan tegangan tidak melampaui nilai deviasi dari tegangan nominal (berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor : 03 Tahun 2007 : CC 2.1).

Kata Kunci: Interkoneksi Sistem 70 Kv, Aliran Daya, Profil Tegangan, ETAP 19,0

ABSTRACT

The possibility of an event resulting from the failure of one or more network components such as the discharge of one channel from the system is called channel contingency (N-1). The discharge of one of the transmission lines from the electric power system either caused by disturbance or maintenance can cause changes in the system such as an increase or decrease in voltage that is outside the standard limits and overload on the line. The safety of a power system when one of its channels exits the system can be reviewed by channel contingency analysis.

In this simulation, the configuration of the transmission network is adjusted according to a number of predetermined N-1 channel contingency schemes. There are 3 contingency schemes presented out of 10 predefined schemes, namely one normal operation scheme and two contingency schemes which cause the system to be in an unsafe condition to operate. This simulation aims to review changes in the voltage profile of each bus both under normal and contingency conditions.

The power flow simulation results for operating scheme 0 (Normal conditions) show that the voltage profile of each bus is still in a safe condition. Where the highest voltage increase is on bus 8 with a voltage of 70.90 kV or 1.3% higher than the nominal voltage of 70 kV. While the lowest voltage drop is on bus 7 with a voltage value of 67.32 kV or 3.83% lower than the nominal voltage.

Of the 10 channel contingency simulation schemes that have been carried out, there are two schemes that are not safe for system operation, namely scheme 6 and scheme 2 based on sequence. While the other 8 schemes are relatively safe for system operation because the increase and decrease in voltage does not exceed the deviation value from the nominal voltage (based on the Regulation of the Minister of Energy and Mineral Resources Number: 03 of 2007: CC 2.1).

Keywords: 70 Kv System Interconnection, Power Flow, Voltage Profile, ETAP 19.0

I. PENDAHULUAN

Salah satu syarat keandalan sistem tenaga listrik adalah kontinuitas pelayanan kepada konsumen, Terhentinya pelayanan kepada konsumen, yang disebabkan keluarnya salah satu elemen atau saluran transmisi dari sistem akibat gangguan merupakan suatu hal yang sangat dihindari oleh perusahaan penyelenggara pelayanan listrik, Efek dari gangguan lepasnya saluran transmisi tersebut akan menyebabkan perubahan aliran daya pada setiap cabang-cabang transmisi lainnya dan perubahan tegangan pada bus-bus lain (Febry Johan Palasworo, Anang Widiyanto, 2018).

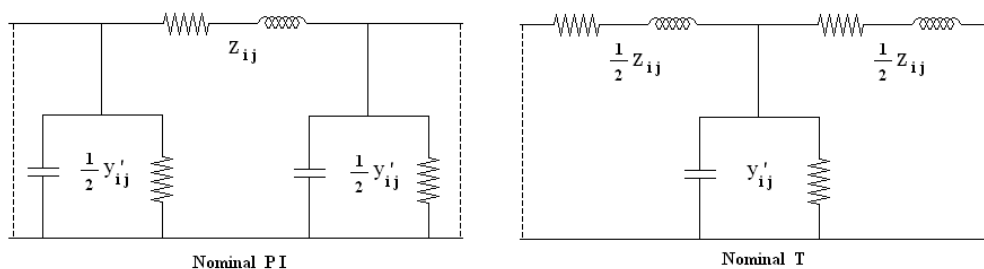
Indeks kehandalan sekuriti (N-1) atau kontingensi N-1 merupakan salah satu cara untuk menilai tingkat keandalan sistem yang disebabkan keluarnya (*outage*) salah satu saluran transmisi dari sistem. Kontingensi N-1 adalah kontingensi yang dihasilkan dari terlepasnya satu komponen sistem baik itu satu saluran transmisi atau satu generator. (Hartoyo, 2006). Ketika analisis kontingensi dilakukan, maka kita dapat melihat elemen – elemen pada sistem yang mengalami dampak dari kontingensi tersebut baik itu *sympathetic outage* ataupun *under voltage* (Marwan, Kurniawati Naim, Mahatir Muhammad Abduh, 2016).

Penilaian terhadap unjuk kerja sistem untuk memastikan apakah sistem tersebut masih aman atau tidak untuk beroperasi apabila ada satu saluran yang lepas maka diperlukan analisis pada sistem tenaga tersebut. Untuk meninjau respon aliran daya dan profil tegangan pada setiap bus pada sistem interkoneksi 70 kV Palembang, maka pada penelitian ini dilakukan analisis kontingensi saluran N-1 dengan metode aliran daya Newton-Raphson.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Saluran Transmisi

Saluran transmisi merupakan salah satu bagian sistem tenaga listrik yang berfungsi sebagai penyalur daya listrik dari pusat pembangkit hingga ke beban (Gonen Turan, 1998). Rangkaian pengganti saluran transmisi listrik mempunyai empat parameter yang mempengaruhi kemampuan dalam memenuhi tugasnya sebagai bagian suatu sistem daya . resistansi, induktansi, kapasitansi dan konduktansi (Stevenson D William, 1996).



Gambar 1. Rangkaian Pengganti Saluran Transmisi

$$z_{ij} = r_{ij} + jx_{ij} \tag{1}$$

$$y'_{ij} = g'_{ij} + jb'_{ij} \tag{2}$$

dengan :

z_{ij} = impedansi saluran antara bus i dan bus j

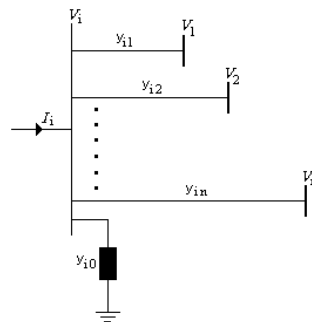
y'_{ij} = admitansi shunt antara bus i dan bus j

B. Persamaan Aliran Daya

Besaran-besaran pada setiap rel adalah besar tegangan , sudut fasa δ , daya aktif P, dan daya reaktif Q. Rel-rel dikelompokkan menjadi 3 (Stevenson D William, 1996) :

1. Slack Bus/Swing Bus (Rel Berayun), yang diambil sebagai rel pedoman dimana besar dan sudut fasa tegangan telah ditentukan.
2. Load Bus (Rel Beban). Pada rel beban daya aktif P dan daya reaktif Q telah ditentukan, sedangkan besar dan sudut fasa tegangan tidak diketahui. Disebut juga Rel P-Q.
3. Regulated Bus/Voltage-Controlled Bus (Rel Generator), dimana generator-gnrator terhubung. Pada rel genrator P dan diketahui, sedangkan sudut fasa tegangan δ dan Q akan ditentukan. Disebut juga Rel P-V.

Perhatikan model sebuah rel dari suatu sistem tenaga listrik pada Gambar 2. berikut ini. Impedansi pada sistem telah dirubah menjadi admitansi perunit (Saadat Hadi, 1999).



Gambar 2. Tipikal Bus Dari Sistem Tenaga

Dengan hukum Kirchoff arus didapatkan persamaan:

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j \quad j \neq i \quad (3)$$

Daya aktif dan reaktif pada rel :

$$P_i + jQ_i = V_i I_i^* \quad (4)$$

C. Pengaturan Tegangan Arus dan Daya pada Saluran Transmisi

Untuk mentransmisikan energi listrik dari pusat pembangkit ke gardu distribusi menggunakan saluran transmisi, tegangan yang digunakan menggunakan tegangan tinggi dan tegangan menengah (Cekmas & Taufik, 2013). Tegangan, arus dan daya adalah besaran-besaran pada saluran transmisi yang diamati untuk keperluan operasi sistem tenaga listrik

Hubungan antara titik pengirim dan titik penerima pada saluran transmisi dinyatakan oleh persamaan :

$$V_S = AV_R + BI_R \quad (5)$$

$$I_S = CV_R + DI_R \quad (6)$$

dengan :

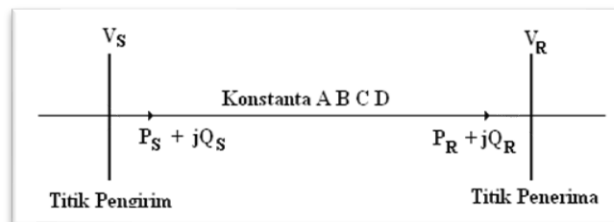
V_S =tegangan di titik pengirim

I_S =arus di titik pengirim

V_R =tegangan di titik penerima

I_R =arus di titik penerima

Hal ini ditunjukkan oleh gambar 3 di bawah ini



Gambar 3. Hubungan Antara Titik Pengirim Dan Titik Penerima Pada Saluran Transmisi

Jika tegangan di titik penerima V_R dipakai sebagai tegangan referensi seperti ditunjukkan oleh gambar. 3, maka :

$$V_R = |V|, 0 \text{ dan } V_S = |V|, \delta \quad (7)$$

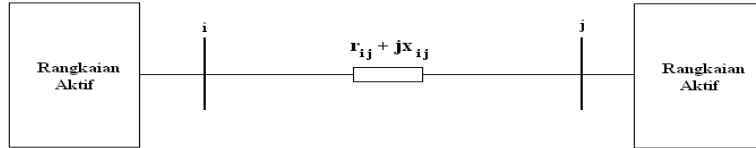
$$I_R = \frac{V_S - AV_R}{B} \quad (8)$$

Daya yang sampai di titik penerima adalah perkalian vector V_R dan I_R :

$$P_R + jQ_R = \frac{|V_S| \cdot |V_R|}{|B|}, \beta - \delta - \frac{|A| \cdot |V_R|}{|B|}, \beta - \alpha \quad (9)$$

D. Kontingensi Tunggal Untuk Satu Saluran Yang Dilepas

Keluarnya atau lepasnya salah satu saluran transmisi dari suatu sistem tenaga mengakibatkan terjadinya perubahan penyaluran daya pada sistem. Akibat gangguan tersebut, maka untuk menganalisa aliran daya sistem selanjutnya akan terjadi perubahan matriks Ybus sistem yang harus dihitung kembali. gambar .4. menunjukkan suatu sistem tenaga dengan konfigurasi saluran tunggal.



Gambar 4. Saluran Tunggal Antara Dua Rangkaian Aktif

Admittansi saluran dari bus i - j adalah :

$$Y_{ij} = g_{ij} + jb_{ij} \tag{10}$$

Dengan,

g_{ij} = konduktansi saluran dari bus i ke j

b_{ij} = susceptansi saluran dari bus i ke j

$$z_{ij} = r_{ij} + jx_{ij}$$

$$y_{ij} = \frac{r_{ij}}{r_{ij}^2 + x_{ij}^2} - \frac{jx_{ij}}{r_{ij}^2 + x_{ij}^2}$$

Bila Ybus sistem tenaga telah dibentuk, maka pelepasan satu saluran i – j hanya merubah harga dari Y_{ii} , Y_{jj} , Y_{ij} dan Y_{ji} saja. Jadi untuk Gambar 4.1 diatas, bila harga setengah admittansi shunt dari bus i – j sama dengan $(y_{ij}^{\prime})/2$, maka dengan lepasnya saluran i – j akan merubah harga-harga Y_{ii} , Y_{jj} , Y_{ij} dan Y_{ji} sebagai berikut :

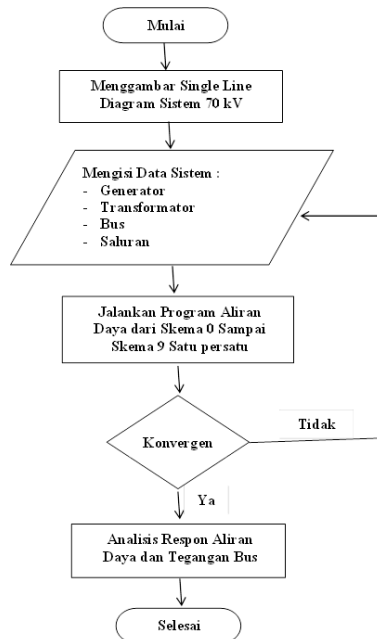
$$Y_{ij} \text{ baru} = Y_{ji} \text{ baru} = 0$$

$$Y_{ii} \text{ baru} = Y_{ii} \text{ lama} - y_{ij} - \frac{y_{ij}^{\prime}}{2}$$

$$Y_{jj} \text{ baru} = Y_{jj} \text{ lama} - y_{ij} - \frac{y_{ij}^{\prime}}{2}$$

III. METODE PENELITIAN

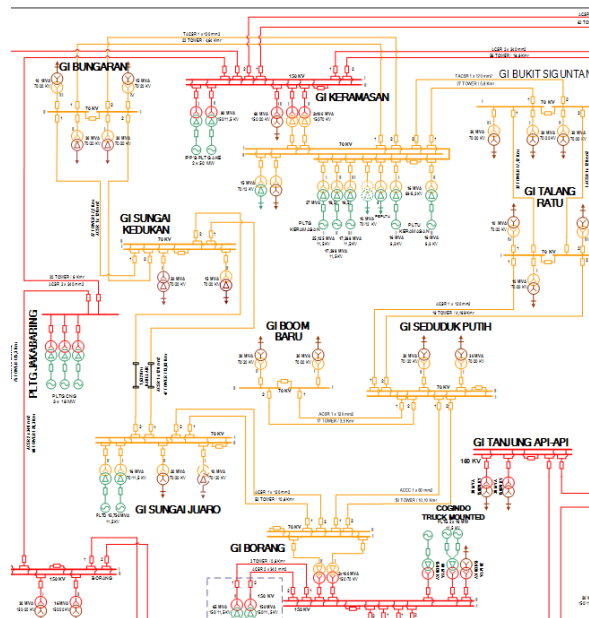
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis respon aliran daya pada saluran transmisi 70 kV Palembang dan meninjau perubahan tegangan pada setiap bus apabila terjadi lepasnya salah satu saluran dari sistem. Berikut adalah diagram alir penelitian yang dapat dilihat di gambar 5. di bawah ini,



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara mensimulasikan lepasnya salah satu saluran transmisi sistem interkoneksi 70 kV (kontingensi saluran N-1) yang menghubungkan anatar GI yang ada di Palembang dengan menggunakan *Software* ETAP Versi 19.01. Simulasi aliran daya dengan metode Newton-Raphson yang dilakukan lalu dianalisis bertujuan untuk melihat profil tegangan di setiap bus akibat pengaruh lepasnya salah satu saluran dari 9 GI yang terinterkoneksi. Berikut ini adalah data-data teknis yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 6. Diagram Segaris Sistem 70 Kv Palembang

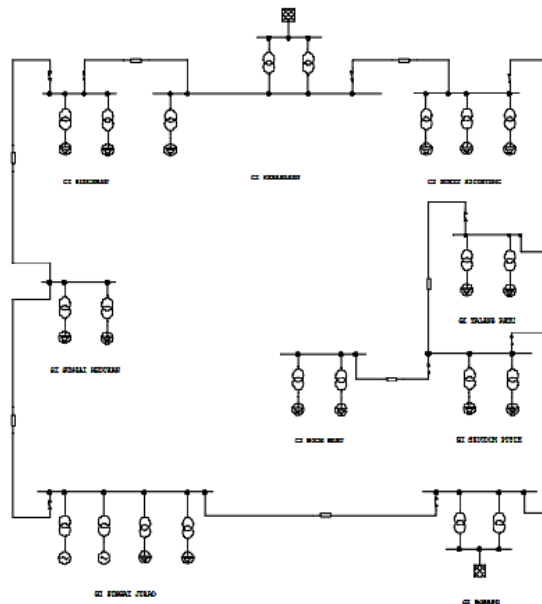
Tabel 1. Data Gardu Induk Dan Beban Pada P.T. PLN (Persero) UP3 Palembang

No.	GARDU INDUK	KAPASITAS TRAFU	BEBAN	
			MW	%
1	Keramasan	TD-1 100 MVA/150-70 kV	52,06	53,15
		TD-2 100 MVA/150-70 kV	52,06	53,15
		TD-2 30 MVA/70-20 kV	9,53	35,29
2	Bungaran	TD-1 30 MVA/70-20 kV	11,78	43,64
		TD-2 30 MVA/70-20 kV	5,81	21,52
3	Bukit Siguntang	TD-1 30 MVA/70-20 kV	8,15	30,17
		TD-2 30 MVA/70-20 kV	10,81	40,03
		TD-3 30 MVA/70-20 kV	12,42	45,99
4	Talang Ratu	TD-1 10 MVA/70-20 kV	5,99	66,61
		TD-3 30 MVA/70-20 kV	13,86	51,33
5	Borang	TD-1 100 MVA/150-70 kV	52,15	53,07
		TD-2 100 MVA/150-70 kV	52,15	53,07
6	Seduduk Putih	TD-1 30 MVA/70-20 kV	21,21	78,55
		TD-2 30 MVA/70-20 kV	20,79	76,99
7	Sungai Juaro	TD-1 30 MVA/70-20 kV	12,13	44,92
		TD-2 20 MVA/70-20 kV	11,00	61,11
8	Sungai Kedukan	TD-1 30 MVA/70-20 kV	15,07	55,83%
		TD-2 15 MVA/70-20 kV	9,35	69,23%
9	Boom Baru	TD-1 30 MVA/70-20 kV	8,71	32,27%
		TD-2 30 MVA/70-20 kV	10,49	38,86%

Tabel 2. Data-Data Cabang, Panjang Saluran Dan Jenis Penghantar Sistem 70 Kv Palembang

TRANSMISI	GARDU INDUK		SALURAN	PANJANG (kms)	JENIS PENGHANTAR
	DARI	KE			
70 kV	Keramasan	Bungaran	PHT1	4,6	TACSR 120 mm ²
	Keramasan	Bukit Siguntang	PHT2	5,6	TACSR 120 mm ²
	Bukit Siguntang	Talang Ratu	PHT3	7,2	TACSR 120 mm ²
	Talang Ratu	Seduduk Putih	PHT4	7,2	ACSR 120 mm ²
	Seduduk Putih	Boom Baru	PHT5	3,5	ACSR 120 mm ²
	Borang	Seduduk Putih	PHT6	10,1	ACCC 160 mm ²
	Borang	Sungai Juaro	PHT7	10,8	ACSR 120 mm ²
	Sungai Juaro	Sungai Kedukan	PHT8	12,3	ACSR 120 mm ²
	Bungaran	Sungai Kedukan	PHT9	7,2	TACSR 120 mm ²

Dalam simulasi ini konfigurasi jaringan transmisi disesuaikan dengan sejumlah skema kontingensi saluran N-1 yang telah ditetapkan. Ada 3 skema kontingensi yang disajikan dari 10 skema yang telah ditetapkan, yaitu satu skema operasi normal dan dua skema kontingensi yang menyebabkan sistem dalam kondisi tidak aman untuk beroperasi. Simulasi ini bertujuan untuk meninjau perubahan profil tegangan setiap bus baik dalam keadaan normal maupun dalam kondisi kontingensi. Berikut adalah gambar sistem interkoneksi 70 kV Palembang dengan 9 GI.



Gambar 7. Gambar Sistem Interkoneksi 70 Kv Palembang Simulasi ETAP

Gambar 7. adalah jaringan sistem interkoneksi 70 kV dengan jumlah bus sebanyak 11 bus yang terdiri dari 2 swing bus 150 kV, 1 bus V-control yang bertegangan 70 kV dan 8 bus beban bertegangan 70 kV, sedangkan tipe jaringan adalah jaringan loop. Adapun data-data lengkap bus dari jaringan sistem interkoneksi 70 kV diatas dapat dilihat pada tabel 3. di bawah ini.

Tabel 3. Data-Data Bus Pada Sistem 70 Kv Palembang

No	Bus Tipe	Tegangan		Suplai Daya		Daya	
		kV	Sudut (Derajat)	MW	MVAr	MW	MVAr
1	Swing (Keramasan)	150	0	104,128	74,767	0	0
2	Beban (Bungaran)	70	-3,57	0	0	17,423	9,062
3	Beban (Keramasan)	70	-3,85	0	0	8,527	4,512
4	Beban (Bukit Siguntang)	70	-3,21	0	0	30,572	15,744
5	Beban (Talang Ratu)	70	-2,71	0	0	19,444	10,856
6	Beban (Seduduk Putih)	70	-2,56	0	0	40,796	24,752
7	Beban (Boom Baru)	70	-2,29	0	0	40,576	23,714

No	Bus Tipe	Tegangan		Suplai Daya		Daya	
		kV	Sudut (Derajat)	MW	MVAr	MW	MVAr
8	Beban (Borang)	70	-3,83	0	0	0	0
9	Swing (Borang)	150	0	104,300	57,674	0	0
10	V-control (Sungai Juaro)	70	-3,37	3,998	1.700	22,878	12,557
11	Beban (Sungai Kedukan)	70	-3,33	0	0	24,009	13,802

Pengolahan data-data dalam penelitian ini untuk menentukan kriteria tegangan pada bus menggunakan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor : 03 Tahun 2007 : CC 2.1 yaitu untuk tegangan 70 kV deviasi tegangannya +5%,-10% dan pada perhitungan yang dilakukan, batas *over voltage* 105% dan *under voltage* 90% dari tegangan nominal sistem. Tegangan maksimal untuk sistem 70 kV sebesar 73,5 kV dan tegangan minimalnya adalah 63 kV.

A. Hasil Simulasi Skema Operasi 0 (Kondisi Normal Semua Penghantar PHT Beroperasi)

Hasil simulasi aliran daya untuk skema operasi 0 disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Daya Total Dan Konsumsi Daya Total Sistem Kelistrikan Untuk Pola Operasi 0

Tipe	P(MW)	Q(MVAr)
Daya total Sistem	212.428	134.202
Konsumsi Daya	203.696	97.597
Susut Daya Total	8.732	36.605

Tabel 5. Perbandingan Tegangan Nominal Setiap Bus Terhadap Tegangan Hasil Simulasi Untuk Skema Operasi 0

No	Bus Tipe	Tegangan Sistem		
		Nominal	Hasil Simulasi	(%)
1	Keramasan	150	150	100,00
2	Bungaran	70	69,62	99.50
3	Keramasan	70	70,12	100.20
4	Bukit Siguntang	70	68,85	98.40
5	Talang Ratu	70	68,03	97.20
6	Putih	70	67,85	96.90
7	Boom Baru	70	67,32	96.17
8	Borang	70	70,90	101.3
9	Borang	150	150	100,00
10	Sungai Juaro	70	69,58	99,40
11	Sungai Kedukan	70	69,30	99,00

B. Hasil Simulasi Skema Kontingensi 6 (Kondisi Penghantar PHT6 Borang-Seduduk Putih Lepas Dan PHT Lainnya Beroperasi)

Hasil simulasi aliran daya untuk skema kontingensi 6 disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 6. Daya Total Dan Konsumsi Daya Total Sistem Kelistrikan Untuk Skema Kontingensi 6

Tipe	P(MW)	Q(MVAr)
Daya total Sistem	224,264	143,823
Konsumsi Daya	198,262	94,990
Susut Daya Total	26,002	48,834

Tabel 7. Perbandingan Tegangan Nominal Setiap Bus Terhadap Tegangan Hasil Simulasi Untuk Skema Kontingensi 6

No	Bus GI	Tegangan Sistem		
		Nominal	Hasil Simulasi	(%)
1	Keramasan	150	150	100,00
2	Bungaran	70	67,32	96,17
3	Keramasan	70	66,97	95,67
4	Bukit Siguntang	70	64,02	91,45
5	Talang Ratu	70	61,18	87,40
6	Putih	70	59,88	85,54
7	Boom Baru	70	59,29	84,71
8	Borang	70	73,59	105,10
9	Borang	150	150	100,00
10	Sungai Juaro	70	69,92	99,88
11	Sungai Kedukan	70	68,31	97,59

C. Hasil Simulasi Skema Kontingensi 2 (Kondisi Penghantar PHT2 Keramasan-Bukit Siguntang Lepas Dan PHT Lainnya Beroperasi)

Hasil simulasi aliran daya untuk skema kontingensi 2 disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 8. Daya Total Dan Konsumsi Daya Total Sistem Kelistrikan Untuk Skema Kontingensi 2

	Tipe	P(MW)	Q(MVAr)
Daya total Sistem		223,780	139,580
Konsumsi Daya		199,257	116,036
Susut Daya Total		24,523	44,100

Tabel 9. Perbandingan Tegangan Nominal Setiap Bus Terhadap Tegangan Hasil Simulasi Untuk Skema Kontingensi 2

No	Bus Tipe	Tegangan Sistem		
		Nominal	Hasil Simulasi	(%)
1	Keramasan	150	150	100,00
2	Bungaran	70	71,54	102,20
3	Keramasan	70	72,86	104,10
4	Bukit Siguntang	70	60,19	85,99
5	Talang Ratu	70	61,03	87,19
6	Putih	70	61,82	88,31
7	Boom Baru	70	61,25	87,49
8	Borang	70	68,07	97,25
9	Borang	150	150	100,00
10	Sungai Juaro	70	68,97	98,53
11	Sungai Kedukan	70	69,96	99,94

Hasil simulasi aliran daya untuk skema operasi 0 (kondisi Normal) yang ditunjukkan pada tabel 4 dan tabel 5 memperlihatkan bahwa profil tegangan setiap bus masih dalam kondisi aman. Dimana peningkatan tegangan yang tertinggi pada bus 8 dengan besar tegangan 70,90 kV atau 1.3% lebih tinggi dari tegangan nominal 70 kV. Sedangkan penurunan tegangan yang terendah pada bus 7 dengan nilai tegangan 67,32 kV atau 3,83% lebih rendah dari tegangan nominal.

Berdasarkan hasil urutan simulasi, kontingensi saluran yang tidak aman untuk operasi sistem terjadi pada skema kontingensi 6 yaitu pada kondisi penghantar PHT6 Borang-Seduduk Putih lepas dan PHT lainnya beroperasi. Kondisi ini menyebabkan perubahan aliaran daya yang sangat signifikan bila dibandingkan dengan kondisi normal, dengan total daya pada sistem sebesar 224,264 MW, 143,823 MVAr sedangkan konsumsi daya hanya sebesar 198,262 MW, 94,990 MVAr dan susut daya sebesar 26,002 MW, 48,834 MVAr. Lepasnya PHT6 Borang-Seduduk Putih menyebabkan peningkatan tegangan pada bus 8 dari 70 kV menjadi 73,59 kV atau dari 100% menjadi 105,10% yang melampaui nilai deviasi tegangan. Sedangkan penurunan tegangan yang melampaui nilai deviasi dari tegangan nominal sistem terjadi pada 3 bus yaitu bus 5, bus 6, dan bus 7 berturut-turut sebesar 61,18 kV, 59,88 kV dan 59,29 kV atau 87,40%, 85,54%, 84,71%.

Selanjutnya kontingensi saluran yang tidak aman untuk operasi sistem terjadi pada skema kontingensi 2 yaitu pada kondisi penghantar PHT2 Keramasan-Bukit Siguntang lepas dan PHT lainnya beroperasi. Kondisi

ini menyebabkan perubahan aliran daya yang juga signifikan bila dibandingkan dengan kondisi normal, dengan total daya pada sistem sebesar 223,780 MW, 139,580 MVar sedangkan konsumsi daya hanya sebesar 199,257MW, 116,036 MVar dan susut daya sebesar 24,523 MW, 44,100 MVar. Peningkatan tegangan pada kondisi ini terjadi pada 2 bus yaitu bus 2 dan bus 3 berturut-turut dari 70 kV menjadi 71,54 kV atau dari 100% menjadi 102,20% dan dari 70 kV menjadi 72,86 kV atau dari 100% menjadi 104,10% tetapi tidak melampaui nilai deviasi tegangan. Sedangkan penurunan tegangan yang melampaui nilai deviasi dari tegangan nominal sistem terjadi pada 4 bus yaitu bus 4, bus 5, bus 6 dan bus 7 berturut-turut sebesar 60,19 kV, 61,03 kV, 61,82 kV dan 61,25 kV atau 85,99%, 87,19%, 88,31% dan 87,49%. Dari 10 skema simulasi kontingensi saluran yang dilakukan ada dua skema yang tidak aman untuk operasi sistem yaitu skema 6 dan skema 2 berdasarkan urutan. Sedangkan 8 skema lainnya relatif aman untuk operasi sistem karena peningkatan dan penurunan tegangan tidak melampaui nilai deviasi dari tegangan nominal.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil simulasi dan analisis yang dilakukan pada penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Lepasnya salah satu saluran dari sistem 70 kV Palembang menyebabkan penyaluran daya ke sistem, dialihkan pada saluran yang masih beroperasi, hal ini menyebabkan aliran arus pada saluran tersebut meningkat sehingga memperbesar rugi-rugi daya pada saluran.
- 2) Hasil simulasi pada skema operasi 0 (kondisi normal) memperlihatkan tingkat tegangan setiap bus di sistem 70 kV Palembang masih berada dalam batas yang diizinkan (+ 5% dan -10% dari tegangan nominalnya).
- 3) Pada skema kontingensi 6 dan skema kontingensi 2 terlihat lebih dari satu bus yang mengalami kenaikan maupun penurunan tegangan diluar batas yang diizinkan (+ 5% dan -10% dari tegangan nominalnya) yang disebabkan oleh lepasnya satu saluran pada sistem 70 kV Palembang.
- 4) Perubahan tegangan bus diluar batas yang diizinkan menyebabkan sistem tidak layak beroperasi karena tidak aman sehingga perlu diambil langkah-langkah untuk mengembalikan tegangan pada kondisi normalnya.

DAFTAR PUSTAKA

Cekmas, C., & T. B. (2013). *Transmisi Daya Listrik*. Yogyakarta: Andi Offset

Febry Johan Palasworo., Anang Widiatoro. (2018). Analisis Kontingensi Saluran Transmisi Pada Jaringan 150 Kv Surabaya Selatan. *Jurnal Teknik Elektro*, 1(1), 2614–5499.

Gonen Turan. (1998). *Modern Power System Analysis*, New York : John Wiley & Sons.

Hartoyo. (2006). *Perbaikan Keandalan (N-1) Sistem Tenaga Listrik PLN Jawa Tengah dan DIY*. Yogyakarta : Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.

Marwan., Kurniawati Naim., & Mahatir Muhammad Abduh. (2016). Analisa Kontingensi Pada IBT Tallo Lama 1 Pada Sistem Sulselrabar. *Prosiding Seminar Teknik Elektro & Informaika*. Politeknik Negeri Ujung Pandang

Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor : 03 Tahun 2007 : CC 2.1

Saadat Hadi. (1999). *Power Sistem Analysis*. New York : Mc Graw – Hill

Stevenson D William. (1996). *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Erlangga