



## Judul Analisis Aliran Daya Terhadap Pengaruh Masuknya Gardu Induk Bombana Pada Sistem Sultra Menggunakan Software ETAP (Electrical Transient Electrical Program)

Malikurrahim, Tachrir, Sahabuddin Hay\*, Mustarum Musaruddin, Yuni Koedoes, Agustinus Lolok, Gamal Abdel Nasser Masikki

Jurusan Teknik Elektro Universitas Halu Oleo, Kendari 93232

### Riwayat Artikel:

Diajukan: 01/12/2024  
Diterima: 21/12/2024  
Tersedia online  
31/12/2024  
Terbit: 30/12/2024

### Kata Kunci:

Aliran Daya  
Hubung Singkat  
Gardu Induk  
Rugi Daya  
Daya Listrik

### Keywords:

Load Flow  
Short Circuit  
Substation  
Losses  
Power

### Abstrak

Sistem kelistrikan sultra saat ini memiliki dua pembangkit listrik utama yaitu PLTU Nii Tanasa dengan kapasitas (1×30 MW) dan PLTU Moramo (DSSP) dengan kapasitas (2×50) MW dan juga telah terinterkoneksi dengan sistem kelistrikan sulawesi selatan dengan adanya penambahan gardu induk di bombana artinya kebutuhan daya pada sistem kelistrikan kendari meningkat yang mana dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan losses dan drop voltage. Tujuan dari penelitian ini adalah melihat kondisi besar nilai Arus, Tegangan, aliran daya aktif dan daya reaktif pada tiap-tiap bus antar saluran, serta melihat nilai arus gangguan hubung singkat pada titik lokasi gangguan. setelah penambahan GI Bombana, pemodelan Single line menggunakan bantuan software ETAP 19.0.1 kemudian menjalankan simulasi Load flow dan short circuit. Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan nilai daya yang dibangkitkan pembangkit setelah masuknya GI Bombana adalah 271,527 MW dimana sebelumnya adalah 211,975 MW, kondisi tegangan sebelum masuknya GI Bombana adalah 96,05% - 99,23% dari yang sebelumnya 97,95% - 99,53%, berdasarkan persentase Drop Voltage berada di kisaran 0,022% - 0,872% yang mana masih berada batas Standar operasional SPLN. Kemudian Total dari Losses pada saluran adalah 1168,92 kW. Nilai arus Hubung Singkat terbesar setelah masuknya GI Bombana pada sistem Sulawesi tenggara untuk arus hubung singkat 3 fasa sebesar 10,267 kA, fasa ke tanah sebesar 10,637 KA, fasa ke fasa sebesar 8,920 kA, dan dua fasa ke tanah sebesar 10,537 kA.

### Abstract

The current Southeast Sulawesi electricity system has two main power plants, namely the Nii Tanasa PLTU with a capacity of (1×30 MW) and the Moramo PLTU (DSSP) with a capacity of (2×50) MW and has also been interconnected with the South Sulawesi electricity system with the addition of a substation in Bombana, meaning that the power needs of the Kendari electricity system have increased, which can result in increased losses and drop voltage. The purpose of this study is to see the condition of the large value of Current, Voltage, active power flow and reactive power on each bus between channels, and to see the value of the short circuit fault current at the fault location point. after the addition of the Bombana GI, Single line modeling using the help of ETAP 19.0.1 software. based on the results of the research that has been done the value of the power generated by the generator after the entry of the Bombana GI is 271.527 MW where previously it was 211.975 MW, the voltage condition before the entry of the Bombana GI is 96.05% - 99.23% of the previous 97.95% - 99.53%, based on the percentage of Drop Voltage is in the range of 0.022% - 0.872% which is still within the SPLN operational standard limit. Then the Total Losses on the channel is 1168.92 KW. The largest Short Circuit current value after the entry of the Bombana GI in the Southeast Sulawesi system for 3-phase short circuit current is 10.267 KA, phase to ground is 10.637 KA, phase to phase is 8.920 KA, and two phases to ground is 10.537 KA.

### Pendahuluan

Sistem kelistrikan sultra saat ini memiliki dua pembangkit listrik Tenaga Uap (PLTU) utama yang beroperasi yaitu PLTU Nii Tanasa dengan kapasitas (1×30) [1] MW, dan PLTU Moramo (DSSP) dengan kapasitas (2×50) MW dan juga telah terinterkoneksi dengan sistem kelistrikan sulawesi selatan dengan adanya penambahan gardu induk di bombana artinya kebutuhan daya pada sistem kelistrikan Kendari

\*Korespondensi: [Mjjamal16@gmail.com](mailto:Mjjamal16@gmail.com)

meningkat yang mana hal ini juga dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan Losses dan Drop Voltage.

Studi aliran daya merupakan penentuan atau perhitungan tegangan, arus, daya aktif, dan daya reaktif yang terdapat pada berbagai titik jaringan listrik dalam kondisi operasi normal, baik yang sedang berjalan maupun yang diperkirakan akan terjadi di masa mendatang. Dengan studi aliran daya, maka dapat diketahui tegangan pada setiap bus dalam sistem, baik besarnya maupun sudut fasa tegangan, daya aktif dan daya reaktif yang mengalir pada setiap saluran dalam sistem, kondisi seluruh peralatan, apakah telah memenuhi batasan yang ditentukan untuk menyalurkan daya listrik yang diinginkan [2].

Salah satu jenis kerusakan yang dapat mengganggu penyaluran energi listrik adalah gangguan hubung singkat. Kerusakan pada lapisan isolasi konduktor biasanya menjadi penyebab masalah hubung singkat. Gangguan hubung singkat berpotensi mengurangi atau menghentikan kegiatan produksi dan distribusi secara ekonomis selain merusak sistem atau peralatan elektronik secara mekanis [3].

Gangguan hubung singkat pada sistem tenaga listrik akan mengakibatkan peningkatan aliran arus ke titik gangguan. Sistem pengamanan yang tidak memadai dapat mengakibatkan peralatan listrik rusak akibat arus listrik yang tinggi pada penghantar. Dalam penelitian ini, perangkat lunak Electrical Transient Analysis Program (ETAP) digunakan untuk mensimulasikan analisis aliran daya dan besarnya arus gangguan hubung singkat. Berdasarkan uraian diatas Penulis melakukan penelitian dengan judul “ Analisis Aliran Daya Terhadap Pengaruh Masuknya Gardu Induk Bombana Pada Sistem Sulawesi Tenggara Menggunakan Software Etap (Electrical Transient Analysis Program)“

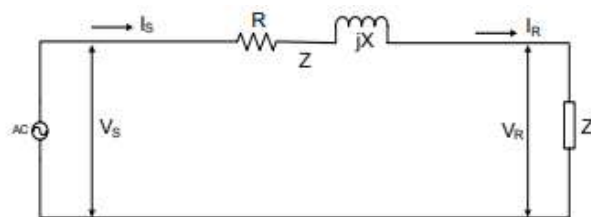
### A. Saluran Transmisi

Saluran transmisi merupakan koridor yang harus dilalui dalam penyaluran energi listrik. Saluran Transmisi merupakan suatu media yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga listrik secara besar-besaran dari Generator Station/ Pembangkit Listrik sampai distribution station hingga sampai pada konsumen pengguna listrik. Tenaga listrik di transmisikan oleh suatu bahan konduktor yang mengalirkan tipe Saluran Transmisi Listrik [4]

Klasifikasi saluran transmisi berdasarkan panjang salurannya terbagi menjadi 3 bagian yaitu : [5]

- Saluran transmisi jarak pendek

Panjang saluran transmisi pendek kurang dari 80 km [6-7]. **Gambar 1** menunjukkan diagram pengganti dari saluran transmisi pendek.



**Gambar 1.** Diagram pengganti Saluran Transmisi Pendek [7].

Saluran Transmisi Pendek dapat disederhanakan dengan mencari nilai impedansi (Z) sebagai berikut :[7]

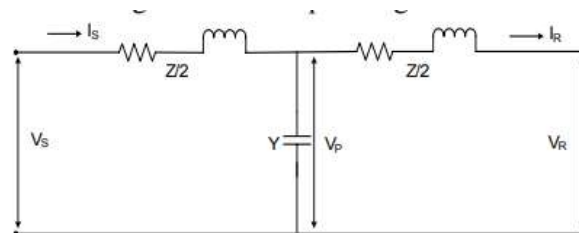
$$Z = R + j X_L \quad (2.1)$$

Untuk mencari resistansi Total pada penghantar adalah dengan menghitung panjang saluran pada penghantar tersebut maka dari itu dapat di gunakan persamaan berikut ini : [7]

$$R_{total} = R \times l \quad (2.2)$$

- Saluran transmisi jarak menengah

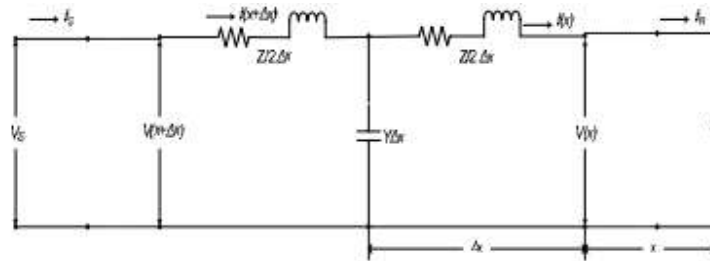
Saluran transmisi menengah dapat digambarkan dengan nominal T (bintang) dan  $\pi$  (delta). Panjang saluran transmisi menengah 80 km sampai dengan 250 km.[7]



**Gambar 2.** Diagram Pengganti Saluran Transmisi Menengah Nominal T [7].

- Saluran transmisi jarak jauh

Menganalisis saluran yang panjang memerlukan tingkat presisi yang lebih tinggi. Penting untuk diperhatikan bahwa parameter saluran tertentu tidak terkonsentrasi di satu area, tetapi didistribusikan secara merata di seluruh panjang saluran [7 - 10].



**Gambar 3.** Diagram Pengganti Saluran Transmisi Tinggi [7]

### B. Aliran Daya

Studi aliran daya dilakukan untuk mengumpulkan informasi tentang aliran daya atau tegangan suatu sistem selama operasi ringan. Informasi ini penting untuk menilai kinerja sistem daya dan menganalisis kondisi pembangkitan dan pembebanan. Informasi aliran dalam kondisi normal dan darurat juga diperlukan untuk analisis ini. Berbagai bus diidentifikasi dalam studi aliran daya, yaitu :[11 - 12]

- Bus Reverensi (slack bus atau swing bus)

Slack bus berfungsi untuk mencatu rugi-rugi dan kekurangan daya aktif dan reaktif pada jaringan. Karena itu bus yang biasa digunakan adalah bus yang berdaya besar, dimana tegangan dan sudut fasanya diketahui.

- Generator bus (bus pembangkitan) atau (P-V bus)

Generator bus atau Voltage Generator bus berfungsi tidak hanya untuk pengontrol tegangan akan tetapi juga dapat menambah daya dalam sistem karena bus ini paling kurang terkoneksi dengan 1 buah generator.

- Bus Pembebanan(P-Q bus)

Bus pembebanan atau yang biasa juga disebut sebagai Load bus adalah bus beban yang memiliki besaran nilai daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) yang diketahui. Pada bus ini tidak ada generator yang terkoneksi melainkan hanya terkoneksi dengan beban saja.

### C. Persamaan Aliran Daya

Sistem tenaga listrik tidak hanya terdiri dari dua bus, melainkan terdiri dari beberapa bus yang akan diinterkoneksi satu sama lain. Daya listrik yang diinjeksikan oleh generator kepada salah satu bus, bukan hanya diserap oleh beban bus tersebut, melainkan dapat diserap juga oleh beban di bus yang lain. Kelebihan pada bus akan dikirimkan melalui saluran transmisi ke bus-bus yang lain yang kekurangan daya.[13]. Arus pada GI adalah:[13]

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=i}^n y_{ij} V_j \text{ dimana } j \neq i \quad (2.3)$$

Persamaan daya pada GI adalah :[13]

$$P_i + jQ_i = V_i^* I_i \quad (2.4)$$

Atau

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} \quad (2.5)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 2.5 ke persamaan 2.3 maka di peroleh :[13]

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=i}^n y_{ij} V_j \text{ dimana } j \neq i \quad (2.6)$$

Dimana:

P = Daya aktif / nyata (watt)

Q = Daya reaktif/ semu (VAR)

V = Tegangan pada bus (Volt)

I = Arus pada Bus (A)

Y = Admitansi pada bus (S)

### D. Metode Fast Decouple

Karakteristik yang menarik dari pengoperasian sistem tenaga adalah ketergantungan daya nyata dengan sudut fasa tegangan bus dan daya reaktif dengan magnitude tegangan bus. Dalam kondisi ini, adanya perubahan yang kecil pada magnitude tegangan tidak akan menyebabkan perubahan yang berarti daya nyata. Sedangkan perubahan kecil pada sudut tegangan fasa tidak menyebabkan perubahan pada daya reaktif. Ini dapat dibuktikan pada pendekatan untuk menyatakan ketertarikan pada P dan S serta Q dan V. Pada metode Fast decoupled persamaan matriks menjadi dua persamaan

decoupled yang membutuhkan waktu yang lebih sedikit bila dibandingkan dengan menggunakan pemecah persamaan Newton Raphson. [14 - 15]

**E. Losses/Rugi daya**

Rugi pada jaringan transmisi sangat penting untuk diperhatikan karena dapat mengakibatkan penurunan daya yang signifikan. Rugi daya merupakan penipisan energi yang tidak dapat dihindari. Penting untuk memprediksi dan menganalisis kehilangan energi agar tetap dalam batas yang wajar. Pasokan listrik yang tidak mencukupi di suatu wilayah dapat menyebabkan penurunan tegangan atau kehilangan daya secara total. Sistem tenaga listrik terdapat tiga jenis daya listrik yang saling berhubungan dan di pengaruhi oleh faktor kerja ( $\cos\theta$ ).[16]

Selanjutnya untuk rumus untuk menghitung rugi rugi daya pada saluran transmisi adalah sebagai berikut : [16]

$$P_{\text{losses}} = 3 \cdot I^2 \cdot R \tag{2.19}$$

Keterangan :

Plosses = Rugi rugi daya saluran transmisi (Watt).

I = Arus yang di salurkan (Amper).

R = Tahanan Saluran ( $\Omega$ /meter)

**F. Drop voltage / Tegangan Jatuh**

Drop tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Besarnya drop tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan[24]. Besarnya kerugian tegangan atau tegangan jatuh (drop voltage) yang terjadi pada suatu jaringan listrik, dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain; panjang kabel penghantar, besar arus, tahanan jenis (Rho), luas penampang penghantar [9], untuk menghitung persentase jatuh tegangan maka digunakan persamaan :[16]

$$\Delta V = \left( \frac{V_s - V_r}{V_r} \right) \times 100\% \tag{2.17}$$

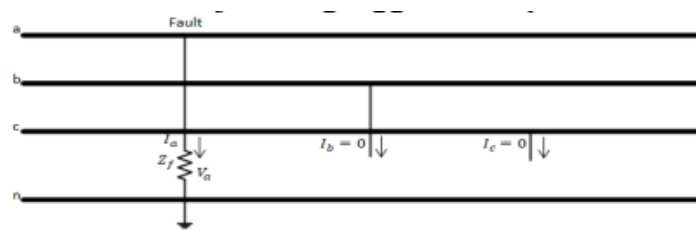
Sistem kelistrikan biasanya terbagi dalam jarak yang jauh, mencakup ratusan atau bahkan ribuan kilometer, yang mengakibatkan penurunan tegangan. Untuk menghindari kehilangan daya dari jaringan transmisi yang panjang, perlu menggunakan tegangan yang sangat tinggi dari pembangkit listrik untuk mengkompensasi kehilangan tegangan [16, 17].

**G. Hubung Singkat**

Hubung singkat (*short circuit*) adalah terjadinya hubungan penghantar bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung melalui media (resistor/beban) yang tidak semestinya sehingga terjadi aliran arus yang tidak normal (sangat besar).Hubung singkat merupakan jenis gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik, terutama pada saluran 3 fasa [18, 19].

- Gangguan Hubung singkat satu fasa ke tanah

Gangguan satu fasa ke tanah akan menyebabkan kenaikan arus pada phase terganggu dan tegangan menjadi nol, sedangkan arus pada phase lain menjadi nol yang diikuti dengan kenaikan tegangan pada phase yang lain. Untuk gangguan ini dianggap phase a mengalami gangguan. Gambar 2.12 menunjukkan gangguan satu fasa ke tanah[19].



**Gambar 4.** Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa Ke Tanah .[19]

Perhitungan untuk Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah di Rumuskan Sebagai berikut :[19]

$$I_{\text{fasa ke tanah}} = \frac{VL-N}{Z1+Z2} \tag{2.22}$$

Keterangan :

I = Arus gangguan hubung singkat fasa – tanah(A)

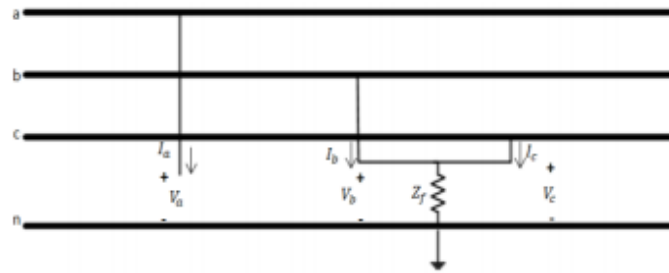
VL-N = Tegangan Gangguan fasa ke tanah (V)

Z1 = Impedansi urutan positif ( $\Omega$ )

Z2 = Impedansi urutan negatif ( $\Omega$ )

- Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah

Pada umumnya, gangguan hubung singkat dua fase ke tanah pada sistem distribusi terjadi saat dua penghantar mengalami gangguan dan terhubung ke tanah atau dua penghantar terhubung ke netral dari sistem pentanahan tiga fase [19].

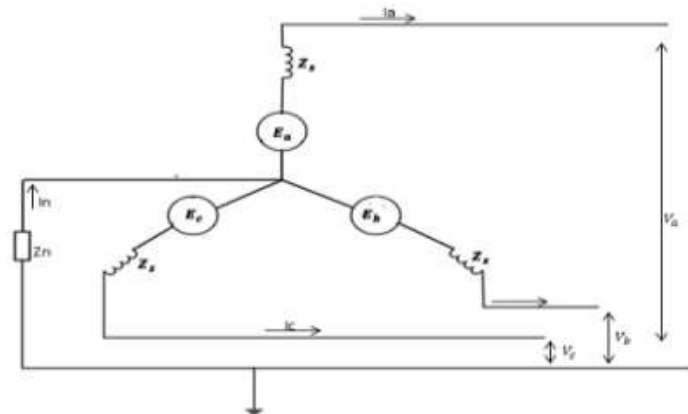


**Gambar 5.** Gangguan Hubung Singkat Fasa Ke Fasa [19]

$$I_{2\text{fasa ke tanah}} = \frac{VL-L-N}{Z_1 + \frac{Z_2 Z_0}{Z_2 + Z_0}} \quad (2.24)$$

- Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

Gangguan hubung singkat tiga fase termasuk dalam klasifikasi gangguan simetris, dimana arus maupun tegangan setiap phase nya tetap seimbang setelah gangguan terjadi. Sehingga pada sistem seperti ini dapat dianalisis hanya dengan menggunakan urutan positif saja. Tipe gangguan ini sangat jarang terjadi, tetapi merupakan tipe gangguan yang paling parah karena pada setiap saluran arus gangguan sama besarnya.



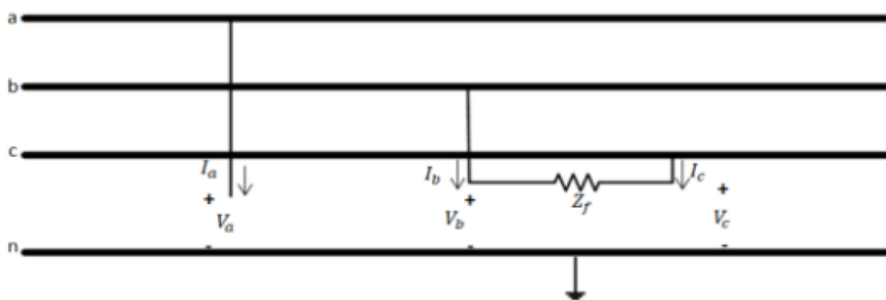
**Gambar 5.** Gangguan hubung singkat tiga fasa[19]

Perhitungan arus gangguan hubung singkat fasa ke fasa dapat di rumuskan sebagai berikut :[19]

$$I_{3 \text{ Fasa}} = \frac{V-L-L-L}{ZL} \quad (2.25)$$

- Gangguan Hubung singkat fasa ke fasa

Gangguan dua phase adalah gangguan yang terjadi dari penyebab putusnya kawat phase tengah pada transmisi atau distribusi dengan konfigurasi tersusun vertikal. Kemungkinan lain adalah dari penyebab kerusakan isolator di transmisi atau distribusi sekaligus dua phase [19].



**Gambar 6.** Gangguan Hubung Singkat Fasa Ke Fasa. [19]

Perhitungan arus gangguan hubung singkat fasa ke fasa dapat di rumuskan sebagai berikut :[19 - 22]

$$I_{\text{fasa - fasa}} = \frac{VL-L}{Z_1 + Z_2}$$

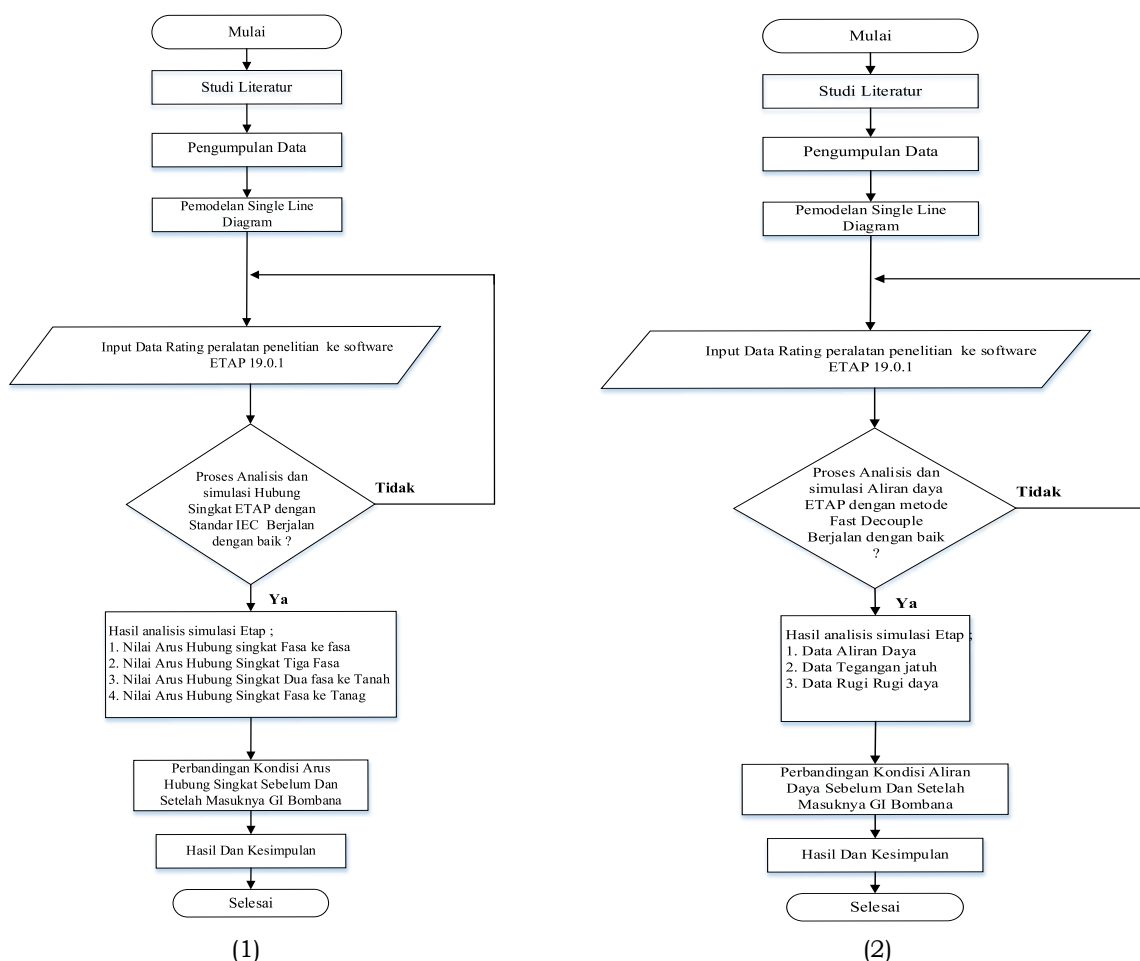
### Metode Penelitian

Adapun jenis data yang di gunakan adalah data kualitatif dan kuantitatif yaitu data yang di peroleh secara lisan (wawancara) dan data yang tersedia pada PT PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi Dan Gardu Induk Kendari kemudian data yang diperoleh akan di pakai sebagai bahan penelitian. Adapun data yang di perlukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Data single line diagram sistem Sulawesi tenggara
- Data kabel penghantar transmisi
- Data Generator
- Data Transformator
- Data PMT/CB (Pemutus Tenaga)
- Data Beban Puncak Per (Penyulang GI)

#### A. Diagram Alir Penelitian

##### 1. Bagan Alir Aliran Daya Dan Hubung Singkat



**Gambar 7.** Bagan Alir Aliran Daya (1) dan Hubung Singkat (2)

Pengumpulan data dilakukan dengan mengambil data yang tersedia dari PLN dengan data yang di perlukan pada softwate ETAP 19.0.1 seperti data Rating Transformator, Generator, Impedansi, saluran transmisi, CB/PMT, dan data beban puncak .

##### a. Pemodelan dan penginputan data

Menggambarkan Pemodelan SLD sistem kelistrikan kendari menggunakan software ETAP 19.0.1, kemudian menginput data penelitian kedalam software ETAP 19.0.1 dengan data yang telah di peroleh pada pengumpulan data

##### b. Analisa dan simulasi

Pada proses simulasi ini adalah menguji apakah simulasi ini berjalan dengan baik atau tidak ,dengan parameter simulasi berjalan dengan baik apabila tidak terjadi error pada saat merunning simulasi software ETAP dengan penginputan data penelitian dan dengan pola aliran daya yang sudah sesuai dengan sistem kelistrikan Kendari, kemudian lanjut pada hasil dan kesimpulan kemudian parameter

tidak berjalan dengan baik apabila terjadi error pada saat proses merunning simulasi software ETAP saat terjadi error maka akan kembali mengecek penginputan data penelitian kedalam software. Hasil analisa yang di peroleh dari simulasi ETAP berupa nilai aliran daya, Arus, Tegangan , Drop Voltage, Losses dan nilai arus hubung singkat. kemudian membandingkan kondisi sebelum dan setelah masuknya gardu induk bombana pada sistem kelistrikan sultra.

### Hasil dan Pembahasan

#### A. Data Sistem Kelistrikan Sultra

Data sistem kelistrikan kendari meliputi data pembangkitan, transformator, penghantar saluran , PMT, dan beban puncak.

**Tabel 1.** Data Pembangkitan Sistem Kendari

No	Pembangkit	Unit	Daya Generator (MW)	Tegangan Generator (kV)	Frekuensi (Hz)	Cos phi
1.	PLTU NII TANASA	Unit 1#	10	6,3	50	0,85
		Unit 2#	10	6,3	50	0,85
		Unit 3#	10	6,3	50	0,85
2.	PLTMG NII TANASA	Unit 1#	9,78	6,3	50	0,8
		Unit 2#	9,78	6,3	50	0,8
		Unit 3#	9,79	6,3	50	0,8
		Unit 4#	9,78	6,3	50	0,8
		Unit 5#	9,78	6,3	50	0,8
		Unit 6#	9,79	6,3	50	0,8
3.	PLTU MORAMO	Unit 1#	50	6,3	50	0,85
		Unit 2#	50	6,3	50	0,85
Total		11 Unit	196,68			

**Tabel 2.** Data Transformator Sistem Kendari

No	Gardu Induk	Trafo Unit	Rating				Impedansi X/R
			Jenis	Tegangan (KV)	MVA	%Z	
1.	GI Nii Tanasa	PLTU 1	Step up	6,3/70	15	10	20
		PLTU 2	Step up	6,3/70	15	10	20
		PLTU 3	Step up	6,3/70	16	10	20
		PLTMG 1,2,3	Step up	6,3/70	40	12,5	45
		PLTMG 4,5,6	Step up	6,3/70	40	12,5	45
		Load Tanasa	Step down	70/20	10	8,35	13
2.	GI Moramo	PLTU 1	Step up	6,3/150	60	12,5	45
		PLTU 2	Step up	6,3/150	60	12,5	45
		Load Moramo	Step down	150/20	60	12,5	45
3.	GI Puuwatu 70	Load Pwt 1	Step down	70/20	20	12,5	45
		Load Pwt 2	Step down	70/20	30	12,5	45
		Load Pwt 3	Step down	70/20	30	12,5	45
4.	GI Puuwatu 150	IBT 1	Step up	70/150	30	12,5	45
		IBT 2	Step up	70/150	30	12,5	45
5.	GI Kendari New	Load Kdi 1	Step down	150/20	60	12,5	45
		Load Kdi 2	Step down	150/20	60	12,5	45
6.	GI Kolaka	Load kolaka	Step down	150/20	30	12,5	45
7.	GI Unaaha	Load Unaaha	Step down	150/20	30	12,5	45
8.	GI Lasusua	Load lasusua	Step down	150/20	30	12,5	45
9.	GI Andolo	Load Andolo	Step down	150/20	30	12,5	45
10.	GI Wolo	Load Wolo	Step down	150/20	30	12,5	45
11.	GI Kasipute	Load Kasipute	Step down	150/20	30	12,5	45

**Tabel 3.** Data Penghantar Saluran Sistem Kendari

No	Gardu Induk	Jenis Penghantar	Luas penampang (mm <sup>2</sup> )	Impedansi		Jarak (Km)	Kuat Hantar Arus (A)	Resist. (Ω/km)
				Positif (R + jX)	Nol (R + jX)			
1.	Nii Tanasa – Puuwatu	ACCC HELSEN KI	1 × 160	2,538 + j5,219	4,945 + j12,131	12,70	792	0,200
2.	Puuwatu – New Kendari	ACSR-AS	2 × 250	0,864 + j4,020	4,907 + j13,521	14,18	1200	0,061
3.	Moramo – New Kendari	ACSR-AS	2 × 240	1,432 + j6,552	5,838 + j20,019	23,70	1216	0,060



4.	Unaaha – New kendari	ACSR-AS	2 × 240	3,219 + j14,458	12,550 + j44,024	50,91	1276	0,063
5.	Kolaka – Unaaha	ACSR	2 × 240	4,710 + j20,816	17,244 + j63,231	73,88	1276	0,064
6.	Wolo – Kolaka	ACSR-AS	2 × 250	3,563 + j16,292	13,845 + j51,294	57,45	1276	0,062
7.	Lasusua – Wolo	ACSR	2 × 240	3,709 + j16,034	14,406 + j50,656	56,21	1276	0,066
9.	New Kendari – Andolo	ACSR-AS	2 × 240	2,348 + j17,368	19,378 + j70,966	75,345	1690	0,031
10.	Andolo – Kasipute	ACSR-AS	2 × 240	2,259 + j17,628	13,398 + j48,559	63,53	1690	0,036

Tabel 4. Data PMT Sistem Kendari

No.	Tegangan (KV)	Jenis PMT	Rating	Rated KV	Rated Amp (A)	Breaking Isc (KA)	Peak Isc (KA)
		Merk	Model				
2.	70	ABB	FSH -1(F)	72,5	2500	31,5	79
3.	20	Merlin Gerin	Mcset SF1-40	24	630	16	40
		ABB	HD4-HPA24	24	1250	25	63
		ABB	25HKSA100	25	1200	25	63
4.	6,3	Siemens	7.2-3AF-25	7,2	1600	16	40

Tabel 5. Data Beban Puncak (Peak Load)

No	Gardu induk	Trafo (Unit)	Data Beban Puncak (Peak Load)	
			MW	MVAR
1.	GI NII TANASA	1	3,0	1,77
2.	GI PUUWATU	1	10,7	6,6
		2	1,8	6,93
		3	21,0	10,2
3.	GI MORAMO	1	9,3	6,1
4.	GI NEW KENDARI	1	30,5	15,7
		2	17,1	8,9
5.	GI UNAAHA	1	20,2	11,5
6.	GI KOLAKA	1	15,0	7,6
7.	GI WOLO	1	3,6	9,3
8.	GI LASUSUA	1	7,9	4,9
9.	GI ANDOLO	1	12,7	8,2
10.	GI KASIPUTE	1	9,1	12,5
Total		13	161,9	110,5

B. Analisa Simulasi Aliran Daya

Pemodelan single line diagram sistem kelistrikan sultra yang telah dirangkaikan sebelumnya menggunakan software ETAP 19.0.1 kemudian dilakukan simulasi Aliran daya, simulasi ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui besaran aliran daya ,Tegangan dan Arus Hubung singkat yang berjalan pada sistem kelistrikan sultra .sebelum mensimulasikan aliran daya terlebih dahulu mengatur study case dan display option terlebih dahulu, pertama tama menentukan metode aliran daya yang akan di gunakan dalam penelitian ini menggunakan metode Aliran daya Fast Decouple dengan presisi 0.0001 dan maksimal iterasi 99 .

Tabel 6. Hasil Analisa Simulasi Aliran Daya Pada Sistem Sulawesi Tenggara

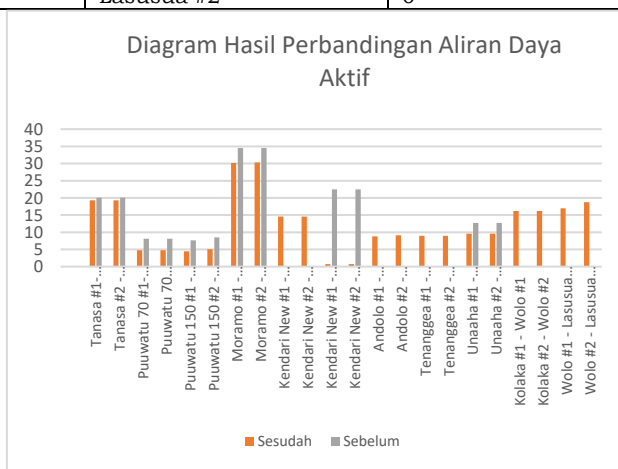
Saluran Transmisi		Aliran Daya		
Dari Bus	Ke Bus	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (Mvar)	Arus (KA)
Tanasa #1	Puuwatu 70 #1	19,364	9,243	180,8
Tanasa #2	Puuwatu 70 #2	19,364	9,243	180,8
Puuwatu 70 #1	Puuwatu 150 #1	4,888	-2,550	47,4
Puuwatu 70 #2	Puuwatu 150 #2	4,888	-2,550	47,4
Puuwatu 150 #1	Kendari New #1	4,579	-2,430	22,1
Puuwatu 150 #2	Kendari New #2	5,192	-2,937	22,1
Moramo #1	Kendari New #1	30,442	8,009	124,2
Moramo #2	Kendari New #2	30,636	6,203	123,3
Kendari New #1	Andolo #1	14,537	-0,0187	57,6
Kendari New #2	Andolo #2	14,537	-0,0187	57,6
Unaaha #1	Kendari New #1	0,386	1,233	5,1
Unaaha #2	Kendari New #2	0,386	1,233	5,1
Andolo #1	Tenanggea #1	8,813	1,346	35,5
Andolo #2	Tenanggea #2	9,155	1,427	36,9



Tenanggea #1	Kasipute #1	8,985	2,118	36,8
Tenanggea #2	Kasipute #2	8,985	2,118	36,8
Kolaka #1	Unaaha #1	8,987	1,661	45,3
Kolaka #2	Unaaha #2	8,987	1,661	45,3
Wolo #1	Kolaka #1	15,766	1,454	61,8
Wolo #2	Kolaka #2	15,766	1,454	61,8
Lasusua #1	Wolo #1	17,442	1,735	68,0
Lasusua #2	Wolo #2	17,442	1,695	68,0

**Tabel 7.** Perbandingan Aliran Daya Aktif Sebelum dan Sesudah Masuknya GI Bombana Pada Sistem Sultra

Saluran Transmisi		Sebelum	Sesudah
Dari Bus	Ke Bus	Daya Aktif (MW)	Daya Aktif (MW)
Tanasa #1	Puuwatu 70 #1	20,109	19,364
Tanasa #2	Puuwatu 70 #2	20,109	19,364
Puuwatu 70 #1	Puuwatu 150 #1	8,098	4,888
Puuwatu 70 #2	Puuwatu 150 #2	8,098	4,888
Puuwatu 150 #1	Kendari New #1	7,623	4,579
Puuwatu 150 #2	Kendari New #2	8,542	5,192
Moramo #1	Kendari New #1	34,475	30,442
Moramo #2	Kendari New #2	34,475	30,636
Kendari New #1	Andolo #1	0	14,537
Kendari New #2	Andolo #2	0	14,537
Kendari New #1	Unaaha #1	22,497	0,386
Kendari New #2	Unaaha #2	22,497	0,386
Andolo #1	Tenanggea #1	0	8,813
Andolo #2	Tenanggea #2	0	9,155
Tenanggea #1	Kasipute #1	0	8,985
Tenanggea #2	Kasipute #2	0	8,985
Kolaka #1	Unaaha #1	12,726	8,987
Kolaka #2	Unaaha #2	12,726	8,987
Wolo #1	Kolaka #1	0	15,766
Wolo #2	Kolaka #2	0	15,766
Lasusua #1	Lasusua #1	0	17,442
Wolo #2	Lasusua #2	0	17,442



**Gambar 8.** Diagram Hasil Perbandingan Daya Aktif

Dari hasil analisa tabel diatas menunjukkan penurunan daya aktif setelah masuknya gardu induk bombana pada sistem sultra seperti pada Bus dari GI Moramo – Kendari New dari yang sebelumnya sebesar 34,457 MW menjadi 30,442 MW, kemudian pada Bus dari Kolaka ke Unaaha dari yang sebelumnya 12,726 MW menjadi 8,987 MW, dan pada bus GI Unaaha – Kendari New dari yang sebelumnya 22,497 MW menjadi 0,386 MW penyebab terjadinya penurunan yang signifikan dari bus GI Unaaha – GI Kendari New karena adanya perbedaan konsep aliran daya dari sebelum dan setelah masuknya GI Bombana pada sistem sultra dimana sebelum masuknya GI Bombana Pembangkit PLTU Nii Tanasa dan Moramo menanggung beban pada sistem sultra sementara pada sistem sulsel (GI Malili) berperan sebagai Control Voltage nemun setelah masuknya GI Bombana pada sistem sultra, Sistem Sulsel berperan sebagai (Swing bus) dimana GI New Kendari sebagai titik temu antara interkoneksi antara pembangkit Nii Tanasa, moramo dan Sistem Sulsel.

**Tabel 8.** Perbandingan Aliran Daya Reaktif Sebelum fan Sesudah Masuknya GI Bombana Pada Sistem Sultra

Saluran Transmisi		Sebelum	Sesudah
Dari Bus	Ke Bus	Daya Reaktif (Mvar)	Daya Reaktif (MVar)
Tanasa #1	Puuwatu 70 #1	3,124	9,243
Tanasa #2	Puuwatu 70 #2	3,124	9,243
Puuwatu 70 #1	Puuwatu 150 #1	-2,045	-2,550
Puuwatu 70 #2	Puuwatu 150 #2	-2,045	-2,550
Puuwatu 150 #1	Kendari New #1	-2,001	-2,430
Puuwatu 150 #2	Kendari New #2	-2,695	-2,937
Moramo #1	Kendari New #1	-1,196	8,009
Moramo #2	Kendari New #2	-1,196	6,203
Kendari New #1	Andolo #1	0	-0,0187
Kendari New #2	Andolo #2	0	-0,0187
Unaaha #1	Kendari New #1	-9,907	1,233
Unaaha #2	Kendari New #2	-9,907	1,233
Andolo #1	Tenanggea #1	0	1,346
Andolo #2	Tenanggea #2	0	1,427
Tenanggea #1	Kasipute #1	0	2,118
Tenanggea #2	Kasipute #2	0	2,118
Kolaka #1	Unaaha #1	-10,228	1,661
Kolaka #2	Unaaha #2	-10,228	1,661
Wolo #1	Kolaka #1	0	1,454
Wolo #2	Kolaka #2	0	1,454
Lasusua #1	Wolo #1	0	1,735
Lasusua #2	Wolo #2	0	1,695

Berdasarkan tabel diatas daya reaktif pada GI Nii Tanasa - Puuwatu dari yang sebelumnya 3,124 Mvar menjadi 9,243 Mvar kemudian daya reaktif dari bus GI moramo ke GI kendari New sebesar 8,009 Mvar dari yang sebelumnya -1,196 Mvar. kemudian daya reaktif pada Bus GI andolo – GI Tenanggea dan dari Bus GI Tenanggea – GI Kasipute adalah sebesar 1,346 Mvar dan 2,118 Mvar . begitu pula pada Bus GI Kolaka - GI Unaaha dari yang sebelumnya -10,228 Mvar menjadi 1,661 Mvar.

**Tabel 9.** Perbandingan nilai arus sebelum dan setelah masuknya GI Bombana pada sistem sultra

Saluran Transmisi		Sebelum	Sesudah	Selisih	Persentase
Dari Bus	Ke Bus	Arus (A)	Arus (A)	Arus (A)	Arus (%)
Tanasa #1	Puuwatu 70 #1	139,8	180,1	40,3	5,088
Tanasa #2	Puuwatu 70 #2	139,8	180,1	40,3	5,088
Puuwatu 70 #1	Puuwatu 150 #1	70,3	47,3	-23	-1,916
Puuwatu 70 #2	Puuwatu 150 #2	70,3	47,3	-23	-1,916
Puuwatu 150 #1	Kendari New #1	30,7	20,5	-10,2	-0,083
Puuwatu 150 #2	Kendari New #2	30,7	23,6	-7,5	-0,083
Moramo #1	Kendari New #1	133,8	124,2	-9,6	-0,789
Moramo #2	Kendari New #2	133,8	123,3	-10,5	-0,863
Unaaha #1	Kendari New #1	90,5	20,1	-70,5	-5,525
Unaaha #2	Kendari New #2	90,5	20,1	-70,5	-5,525
Kolaka #1	Unaaha #1	52,4	45,3	-7,1	-0,548
Kolaka #2	Unaaha #2	52,4	45,3	-7,1	-0,548

Berdasarkan tabel di atas dapat di lihat pada dari bus GI Tanasa – GI Puuwatu terjadi kenaikan arus sebesar yang cukup besar dari 139,8 A menjadi 180,1 A dengan persentase kenaikan Sebesar 5,088% , kemudian terjadi penurunan arus pada Bus GI Moramo – GI New kendari yaitu dari yang sebelumnya 133,8 A menjadi 124,3 A dengan selisih penurunan sebesar -9,6% . secara keseluruhan nilai arus pada masing - masing bus setelah masuknya GI Bombana rata-rata terjadi penurunan arus, kemudian secara keseluruhan nilai arus pada tiap-tiap Bus masih dalam batas pada kemampuan Kuat Hantar Arus (KHA) listrik pada penghantar saluran pada sistem kelistrikan Kendari.

**Tabel 10.** Perbandingan nilai tegangan sebelum dan setelah masuknya GI Bombana pada sistem sultra

Bus Gardu Induk	Sesudah		Sebelum	
	Tegangan (V)	Persentase Tegangan (%)	Tegangan (V)	Persentase Tegangan (%)
Nii Tanasa	68544	97,92	69420	99,53
Puuwatu 70	67235	96,05	68563	97,95
Puuwatu 150	145694	97,13	148202	98,8
New Kendari	145727	97,15	148161	98,77
Moramo	146397	97,6	148785	99,19
Andolo	144980	96,65	0	0
Tenanggea	144914	96,61	0	0
Kasipute	144178	96,12	0	0
Unaaha	146101	97,4	148171	98,78

Kolaka	147130	98,09	148649	99,1
Wolo	147963	98,64	0	0
Lasusua	148852	99,23	149255	99,5

Berdasarkan **Tabel 10** dapat dilihat nilai tegangan sebelum dan setelah masuknya gardu induk baru terlihat perbandingan nilai yang cukup signifikan salah satu contohnya pada penyulang GI Kendari New dengan tegangan sebesar 148202 V dengan persentase 98,77% setelah masuknya gardu induk baru nilai tegangannya menjadi 145727 V dengan persentase 97,15% .dari hasil keseluruhan secara persentase tegangan Sebelum masuknya gardu induk baru persentase tegangan berada di kisaran 97,95% - 99,53% sedangkan persentase tegangan sesudah masuknya gardu induk baru berada di kisaran 96,05% - 99,23%. dalam hal ini kualitas tegangan setelah masuknya GI bombana menurun dari sebelum masuknya GI bombana pada sistem sultra.

C. Perhitungan Jatuh Tegangan / Drop Voltage

**Tabel 11.** Hasil Perhitungan Drop Voltage dan Persentase drop voltage Manual dan software ETAP

Saluran Transmisi		Manual		Software	
Dari Bus	Ke Bus	Losses (KW)	%Losses	Losses (KW)	%Losses
Nii Tanasa #1	Puuwatu #1	248,8	1,284	246,5	1,274
Nii Tanasa #2	Puuwatu #2	248,8	1,284	246,5	1,274
Puuwatu 150 #1	New Kendari #1	1,1	0,024	1,0	0,020
Puuwatu 150 #2	New Kendari #2	1,4	0,026	1,3	0,025
New Kendari #1	Andolo #1	23,2	0,159	23,5	0,161
New Kendari #2	Andolo #2	23,2	0,159	23,5	0,151
Moramo #1	New kendari #1	65,8	0,216	45,2	0,148
Moramo #2	New kendari #2	64,8	0,211	65,6	0,214
Andolo #1	Tenanggea #1	1,3	0,014	1,3	0,014
Andolo #2	Tenanggea #2	1,4	0,015	1,4	0,015
Tenanggea #1	Kasipute #1	7,9	0,087	9,2	0,102
Tenanggea #2	Kasipute #2	7,9	0,087	9,2	0,102
Unaaha #1	Kendari New #1	0,26	0,067	1,5	0,388
Unaaha #2	Kendari New #2	0,26	0,067	1,5	0,388
Kolaka #1	Unaaha #1	18,1	0,201	22,0	0,245
Kolaka #2	Unaaha #2	18,1	0,201	22,0	0,245
Wolo #1	Kolaka #1	42,0	0,266	42,0	0,266
Wolo #2	Kolaka #2	42,0	0,266	42,0	0,266
Lasusua #1	Wolo #1	48,3	0,276	50,3	0,288
Lasusua #2	Wolo #2	48,3	0,276	50,3	0,288

Berdasarkan dari hasil perhitungan diatas Drop tegangan terbesar terletak pada Penyulang GI Nii Tanasa – GI Puuwatu sebesar 1,309 V dengan persentase Drop tegangan 0,872 % dan drop tegangan terkecil terletak pada GI Puuwatu – GI New Kendari yaitu 0,031 V dengan persentase 0,022% ,dari keseluruhan persentase Drop tegangan menunjukkan bahwa masih dalam batas pelayanan operasional Standar SPLN 1:1 1995 /ANSI, yaitu tegangan tidak melebihi 5% dan -10%.

D. Perhitungan Rugi Daya/Losses

**Tabel 12.** Perhitungan nilai Rugi daya/Losses dan persentase Losses pada saluran transmisi dan distribusi

Saluran Distribusi		Manual		ETAP	
Dari Bus	Ke Bus	Losses (KW)	% Losses	Losses (KW)	% Losses
Nii Tanasa #1	Tanasa 1	7,2	0,258	7,2	0,258
Puuwatu 70 #1	Puuwatu 1	33,5	0,363	33,9	0,367
Puuwatu 70 #2	Puuwatu 2	4,1	0,260	4,1	0,260
Puuwatu 70 #1	Puuwatu 3	42,0	0,237	42,5	0,240
New Kendari #1	KDI 1	46,5	0,172	47,5	0,176
New Kendari #1	KDI 2	15,3	0,098	15,6	0,100
Moramo #1	Moramo 1	5,3	0,061	5,4	0,062
Andolo #1	Andolo 1	18,1	0,163	18,4	0,166
Kasipute #1	Kasipite 1	47,3	0,263	48,0	0,267
Unaaha #1	Unaaha 1	40,7	0,23,7	42,3	0,246
Kolaka #1	Kolaka 1	22,2	0,164	23,6	0,174
Wolo #1	Wolo 1	7,6	0,233	8,4	0,258
Lasusua #1	Lasusua 1	6,9	0,092	7,6	0,101

Berdasarkan tabel hasil perhitungan Rugi-rugi daya di atas menunjukkan rugi daya terbesar terletak pada saluran penyulang GI Nii Tanasa - GI Puuwatu dengan rugi-rugi daya sebesar 248,8 KW dengan persentase sebesar 1,284% kemudian rugi daya terkecil terletak pada saluran GI Unaaha – GI Kendari New yaitu sebesar 0,26 KW dengan persentase 0,067 % .Kemudian Losses dari bus transmisi Ke bus penyulang distribusi losses terbesar terletak pada penyulang Kasipute #1 ke Kasipute1 yaitu

47,3 KW dan losses terkecil berada pada Puuwatu #2 ke Puuwatu 2 yaitu 4,1 KW. Total keseluruhan rugi-rugi daya sebesar 1168.92 KW atau 1.168,92 MW, kemudian dari keseluruhan persentase Rugi-rugi daya menunjukkan bahwa nilai persentase tersebut masih memenuhi Kajian Kelayakan Operasi (KKO) yaitu masih dibawah 5%.

**Tabel 13.** Hasil perhitungan persentase nilai error perhitungan Manual dan ETAP

Dari Bus	Ke Bus	Persentase Error (%)	
		Drop Voltage (%)	Losses (%)
Nii Tanasa	Puuwatu	0,005	0,007
Puuwatu	New Kendari	0,000	0,16
New Kendari	Andolo	0,025	0,012
Morammo	New Kendari	0,013	0,314
Andolo	Tenanggea	0,136	0,000
Tenanggea	Kasipute	0,022	0,172
Unaaha	Kendari New	0,044	0,827
Kolaka	Unaaha	0,005	0,218
Wolo	Kolaka	0,009	0,000
Lasusua	Wolo	0,001	0,043

Pada **Tabel 13** memperlihatkan hasil perhitungan persentase nilai error antara perhitungan manual dengan perhitungan software ETAP berada di kisaran 0,000 % -0,827 %.

*E. Analisa Simulasi Hubung Singkat / Short Circuit*

**Tabel 14.** Hasil nilai arus hubung singkat sebelum masuknya GI Bombana pada sistem sultra

Bus Penyulang Beban	Gangguan Hubung Singkat			
	3 Fasa	Fasa ke Tanah	Fasa ke Fasa	Dua Fasa Ke Tanah
Kdi 1	10,186	10,042	8,815	10,168
Kdi 2	10,186	10,042	8,815	10,168
Tanasa 1	3,197	3,385	2,774	3,305
Morammo 1	10,106	10,582	8,785	10,484
Puuwatu 1	4,810	5,626	4,175	5,099
Puuwatu 2	5,551	6,162	4,820	5,964
Puuwatu 3	5,551	6,162	4,820	5,964
Unaaha 1	6,111	5,470	5,300	5,868
Kolaka 1	6,143	4,788	5,727	5,727
Lasusua 1	6,492	4,121	5,918	5,928

**Tabel 14** memperlihatkan nilai arus hubung singkat pada sistem sultra sebelum masuknya gardi induk bombana ,dimana arus hubung singkat terkecil terletak pada bus penyulang Tanasa 1 dimana arus hubung singkat 3 fasa sebesar 3,197 KA,fasa ke tanah sebesar 3,385 KA ,fasa ke fasa sebesar 2,774 KA dan dua fasa ke tanah sebesar 3,305 KA kemudian nilai arus hubung singkat terbesar terletak pada penyulang KDI 1 arus hubung singkat 3 fasa sebesar 10,186 KA, fasa ke tanah sebesar 10,042 KA ,fasa ke fasa 8,815 KA dan dua fasa ke tanah 10,168 KA.

Dari perbandingan arus hubung singkat pada tabel 4.13 dan tabel 4.14 terjadi penurunan arus hubung singkat pada beberapa gardu induk setelah masuknya GI Bombana pada sistem sultra sebagai contoh pada penyulang beban KDI 1 nilai arus hubung singkat 3 fasa sebesar 9,846 KA dari 10,186 KA ,fasa ke tanah sebesar 9,829 KA dari 10,042 KA, fasa ke fasa 8,567 KA dari 8,815 KA , dua fasa ke tanah sebesar 9,873 KA dari 10,168 KA . keseluruhan nilai arus hubung singkat setelah masuknya beberapa gardu induk baru pada sistem sultra, untuk membuktikan nilai arus hubung singkat masih dalam batas kemampuan PMT yang terpasang pada gardu induk sistem kendari dengan *Short circuit breaking current (Isc) PMT (pemutus tenaga)* yaitu sebesar 40 KA jika di bandingkan dengan arus hubung singkat tertinggi pada hasil simulasi ini sebesar 10,213 KA  $\times 1,6$  sama dengan 16,340 KA maka dalam hal ini proteksi PMT setiap gardu induk masih dapat memproteksi peralatan gardu induk dan beban apabila terjadinya gangguan arus hubung singkat.

**Tabel 15.** Hasil nilai arus hubung singkat sebelum masuknya GI Bombana pada sistem Sultra

Bus Penyulang Beban	Gangguan Hubung Singkat			
	3 Fasa	Fasa ke Tanah	Fasa ke Fasa	Dua Fasa Ke Tanah
Kdi 1	9,856	9,829	8,567	9,873
Kdi 2	9,856	9,829	8,567	9,873
Tanasa 1	3,188	3,379	2,767	3,297

Moramo 1	9,831	10,381	8,548	10,213
Puuwatu 1	4,781	5,240	4,151	5,073
Puuwatu 2	5,513	6,131	4,787	5,929
Puuwatu 3	5,513	6,131	4,787	5,929
Unaaha 1	5,927	5,372	5,142	5,713
Kolaka 1	5,850	4,669	4,808	5,469
Lasusua 1	5,693	3,954	5,167	5,428
Andolo 1	5,391	6,027	4,678	5,821
Kasipute 1	4,927	5,632	4,275	5,423
Wolo 1	6,872	6,412	5,089	6,241

## Kesimpulan

Dari Berdasarkan Hasil simulasi ETAP dan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Setelah penembahan GI Andolo, GI Tenangea, GI Kasipute dan GI Wolo pada sistem sultra menunjukkan terjadinya penurunan kiriman daya aktif pada tiap-tiap penyulang seperti pada GI Moramo – GI Kendari New dari 34,457 MW menjadi 30,442 MW dan GI Kolaka - GI Unaaha dari 12,726 MW menjadi 8,987 MW. kemudian Kenaikan Arus terjadi pada penyulang GI Nii Tanasa – GI Puuwatu dengan kenaikan arus sebesar 40,3 A (5,088%) dan penurunan arus terletak pada penyulang GI Unaaha – GI Kendari New dengan arus sebesar 70,5 (5,525%). dan pada kondisi nilai tegangan mengalami penurunan dengan persentase tegangan dari 97,95% - 99,53% menjadi 96,05% - 99,23%.
2. Dari hasil perhitungan tegangan jatuh keseluruhan nilai jatuh tegangan pada tiap - tiap bus berkisar antara 1,309 V – 0,031 V dengan persentase tegangan jatuh 0,872% - 0,022% dimana persentase jatuh tegangan masih dalam batas standar operasional SPLN yaitu tegangan jatuh tidak lebih dari 5% dan – 10%. Kemudian total keseluruhan rugi rugi daya sebesar 1168.92 KW dan keseluruhan nilai persentase Rugi-rugi daya masih memenuhi Kajian Kelayakan Operasi (KKO) yaitu tidak lebih dari 5%.
3. Untuk keseluruhan nilai arus hubung singkat setelah penambahan Gardu induk pada sistem sultra pada penyulang beban adalah untuk arus 3 fasa berada di kisaran 3,118 KA – 9,846 KA, arus fasa ke tanah berkisar 3,954 KA -10,381 KA, fasa ke fasa 2,767 KA – 8,567 KA, dua fasa ke tanah 3,297 KA – 10,213 KA . Dengan Rating proteksi pada PMT sebesar 40 KA dalam hal ini PMT/CB masih mampu menahan lonjakan arus apabila terjadi arus hubung singkat

## Daftar pustaka

- [1] L. O. A. Barata, "Sistem Perawatan Water Treatment Plant (WTP) PLTU Nii Tanasa 3 x 10 MW," *Pist. J. Teknol.*, vol. 9, no. 1, pp. 24–35, Jul. 2024, <https://doi.org/10.55679/pistonjt.v9i1.56>.
- [2] Supriyadi, A. (2016). Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Software ETAP 12.6. Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas, 6(3).
- [3] Effendi, A., Dewi, A. Y., & Crismas, E. (2017). Analisa Drop Tegangan PT PLN (Persero) Rayon Lubuk Sikaping Setelah Penambahan PLTM Guntung. *Jurnal Teknik Elektro*, 6(2), 199-203.
- [4] Ian Setiawan Nurdin, Syahabuddin Hay, & Mustamin (2019) .Analisa Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik Sultra Setelah Penambahan PLTU Moramo Dengan Kapasitas 2x10 MW.
- [5] Wahyu Aditya, Tachrir, & Syahabuddin Hay. (2023). Analisis Aliran Daya Sistem Sulawesi Tenggara Setelah Interkoneksinya Sistem Kendari 70 Kv Dan Sistem Kendari 150 Kv. FT UHO
- [6] Djiteng Marsudi. (2006) "Buku Operasi Sistem Tenaga Listrik" Yogyakarta. ISBN: 979-756.
- [7] Joko P., Montario C.B., dan Zamrudi, "Transmission of Electrical Energy (Transmisi Tenaga Listrik)", Depok: Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2010.
- [8] Sampeallo, A. S., Nursalim, N., & Fischer, P. J. (2019). Analisis Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan Pemakaian Sendiri Pltu Bolok PT. Smse (Ipp) Unit 3 dan 4 Menggunakan Software Etap 12.6. 0. *Jurnal Media Elektro*, 76-85.
- [9] Fauzi, A., Sulasno, S., & Sukmadi, T. (2011). Studi Analisis Pemilihan Tegangan Optimal Untuk Saluran Transmisi Daya Listrik (Doctoral dissertation, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip).
- [10] Syahputra, Ramadoni. "Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik." LP3M UMY, Yogyakarta (2016): 249-256.
- [11] Purnomo Hery, 2016, ANALISIS SISTEM DAYA Bagian Saluran Transmisi Daya Elektrik, Malang : FT UB (Diambil dari : <http://elektro.ub.ac.id/wp-content/uploads/2019/01/Buku-Analisis-Sistem-Daya.pdf>
- [12] Hasibuan, A., Isa, M., Yusoff, M. I., & Rahim, S. R. A. (2020). Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Fast Decoupled Menggunakan Software Etap. RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): *Jurnal Teknik Elektro*, 3(1), 37-45.
- [13] Djalal Muhammad Ruswandi, Chandra Yudhi Leo, Yunus Muhammad Yusuf, Nauwie Herman, 2014. Penyelesaian Aliran Daya 37 Bus Dengan Metode Newton Raphson (Diambil dari : <http://repository.poliupg.ac.id/566/1/7.sinergi%20april%202014.pdf> pada tanggal 16/03/2019 jam 15 : 16)
- [14] Manjang Salama, Kitta Ikhlas, 2012, PENGUASAAN ETAP untuk APLIKASI SISTEM TENAGA LISTRIK, Makassar : Dua Satu Press
- [15] Dwi Sulistiyono, "Perbandingan Metode Gauss-Seidel, Metode Newton Raphson Dan Metode Fast Decoupled Dalam Solusi Aliran Daya" Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- [16] Heru Dibyo Laksono, (2007) "STUDI ALIRAN DAYA DENGAN METODA FAST DECOUPLE (Aplikasi PT. PLN Sumbang-Riau 150 KV)", Universitas Andalas Padang, Kampus Limau Manis Padang, Sumatera Barat. ISSN: 854-8471 No. 27 Vol.3.

- [17] Hariyadi, S., & Umar, S. T. M. T. (2017). Analisis Rugi-Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV Pada Gardu Induk Palur-Masaran (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- [18] Bandri, S. (2016). Studi Settingan Distance Relay Pada Saluran Transmisi 150 kV di GI Payakumbuh Menggunakan Software MATLAB. *Jurnal Teknik Elektro*, 5(2), 108-112.
- [19] Gunawan, S. M., & Sentosa, J. (2013). Analisa Perancangan Gardu Induk Sistem Outdoor 150 kV di Tallasa, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. *Dimensi Teknik Elektro*, 1(1), 37-42
- [20] Sampeallo, A. S., Nursalim, N., & Fischer, P. J. (2019). Analisis Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan Pemakaian Sendiri Pltu Bolok PT. Smse (Ipp) Unit 3 dan 4 Menggunakan Software Etap 12.6. 0. *Jurnal Media Elektro*, 76-85. [https://dte.usu.ac.id/images/IMAGE/Modul\\_ETAP.pdf](https://dte.usu.ac.id/images/IMAGE/Modul_ETAP.pdf).
- [21] Akhmad, S. S., & Jamin, A. S. (2021, October). Pengujian Tahanan Isolasi pada Pemutus Tenaga (PMT) 20 kV Di Gardu Induk Tello 150 kV. In *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)* (pp. 40-43).
- [22] Saifudin, S., Haryudo, S. I., & Kartini, U. T. (2021). Analisis Perbandingan Perhitungan Short Circuit Pada Gardu Induk 150/20 KV (Studi Kasus Pada Gardu Induk Manyar Gresik). *Jurnal Teknik Elektro*, 10(2), 507-515.

### **Ucapan penghargaan**

*Tidak tersedia*

### **Pernyataan Penulis**

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam publikasi artikel ini. Semua penulis menyetujui penerbitan artikel ini.

### **Lampiran**

*Tidak tersedia*