

Analisis Rugi-Rugi Daya Distribusi Primer 20 kV Di Kota Ternate



Ryand Andala Putra, Glanny Ch. Mangindaan, ST., MT., Ph.D, Ir. Hans Tumaliang, MT Jurusan Teknik Elektro,
Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu, 95115, alamat e-mail, machotale95@gmail.com
Diterima: tgl; direvisi: tgl; disetujui: tgl

Abstrak – Kelistrikan di Kota Ternate pasti tidak lari dari yang namanya gangguan. Apa lagi gangguan beban tidak seimbang pada suatu sistem jaringan distribusi tenaga listrik di Kota Ternate. Dan penyebab ketidak seimbangan beban tersebut ialah pada pengaturan beban-beban satu fasa pada pelanggan jaringan tegangan rendah. Akibat dari beban yang tidak seimbang maka munculah arus pada netral trafo sehingga menyebabkan munculnya rugi-rugi, yaitu rugi-rugi yang diakibatkan oleh adanya arus netral pada penghantar netral trafo penyaluran energi listrik pada sistem distribusi dimana rugi-rugi tegangan akan mempengaruhi penyaluran energi listrik kepada konsumen dimana jika terjadi rugi-rugi tegangan pada sistem distribusi maka energi listrik yang akan disalurkan kepada konsumen akan menjadi tidak standar karena standar yang ditentukan ialah 10%. Analisa pada penulisan tugas akhir ini adalah mencakup sejauh mana besar rugi-rugi daya dan jatuh tegangan di daerah Kota Ternate khususnya pada lima penyulang yang melayani daerah Kota Ternate, berdasarkan data yang didapat dari PT. PLN Kota Ternate Dimana diketahui terdapat permasalahan dan kendala yang dihadapi oleh PT. PLN Kota Ternate seperti rugi-rugi daya dan jatuh tegangan yang terjadi pada 5 Penyulang yang terdapat di Kota Ternate. Sesuai dengan data perhitungan daerah kota ternate terdapat 5 penyulang yang melayani Kota Ternate dan setiap penyulang memiliki sekmen yang jatuh tegangan dan rugi-rugi dayanya melebihi standar yang telah ditentukan.

Kata kunci: *Distribusi Primer 20kV, Jatuh Tegangan, Rugi-Rugi Daya, Ketidak Seimbangan Beban.*

Abstract – *Electricity in Ternate City certainly does not run away from disturbances. What's more, the unbalanced load disturbance in an electric power distribution network system in Ternate City. And the load imbalance is the setting of single-phase loads on low voltage network subscribers. As a result of the load that is not balanced, the current appears in the neutral of the transformer so that it causes the appearance of losses, namely losses caused by the presence of a neutral current on the transformer neutral conductor of electrical energy distribution in the distribution system where voltage losses will affect the distribution of electrical energy to consumers where if there are voltage losses in the distribution system, the electrical energy to be distributed to consumers will not be standard because the standard set is 10%. The analysis in this thesis covers the extent of the stress drop in the Ternate City area, especially in the five feeders serving the Ternate City area, based on data obtained from PT. PLN Ternate City. Where it is known that there are problems and constraints faced by PT. PLN Ternate City, one of which is a voltage drop that occurs in 5 feeders in Ternate City. In accordance with the calculation of the regional data of the city of Ternate, there are 5 feeders serving the City of Ternate and*

each feeder which has a segment whose voltage drops and power losses exceed the predetermined standard.

Keywords: *Primary 20kV Distribution, Voltage Drop, Power Losses, Load Unbalance.*

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman dan kemajuan daerah Kota Ternate dan semakin bertambahnya jumlah penduduk, sehingga semakin tinggi pula kebutuhan akan energi listrik di kota Ternate. Sekarang ini PLN Kota Ternate telah melayani kebutuhan listrik di Kota Ternate dan sekitarnya dengan kapasitas listrik 29 MW, Dalam usahanya memenuhi kebutuhan energi listrik ini PLN Kota ternate tentunya akan menemui berbagai kendala dan kesulitan. Kendala dan kesulitan yang muncul merupakan tantangan yang harus di hadapi PLN Kota Ternate. Kesulitan yang harus di hadapi oleh pihak PLN Kota Ternate yaitu gangguan yang terjadi, berupa drop tegangan pada jaringan, arus bocor, rugi-rugi pembangkit, rugi-rugi daya pada saluran dan masih banyak lainnya.

Dalam penyaluran tenaga listrik tersebut, juga menggunakan daya yang terdapat rugi-rugi daya atau rugi-rugi teknis. Rugi-rugi daya listrik dapat disebabkan oleh panjangnya sistem penyaluran tenaga listrik itu sendiri, besar kecilnya ukuran diameter kawat penghantar yang digunakan, tipe atau jenis kawat penghantar, serta besar kecilnya tahanan jenis dari kawat penghantar tersebut. Jenis material dan dimensi menghasilkan parameter saluran sebagai Impedansi saluran, yang mengakibatkan rugi tegangan, dan selanjutnya menghasilkan rugi daya yang berakibat pada saluran.

Oleh sebab itu dibutuhkan data teknis yang tepat agar dapat menghasilkan perhitungan yang akurat, sehingga dapat diketahui kerugian yang dialami dari suatu penyulang, yang berakibat lebih optimalnya pemakaian serta efisiensi disalurkan khususnya pada jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV penyulang Kota Ternate. Oleh karena itu saya tertarik untuk mengangkat judul tugas akhir saya yang berjudul “Analisis Rugi-Rugi Daya Distribusi Primer 20kV Di Kota Ternate”.

A. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang ada maka masalah yang di rumuskan yaitu Berapa besar rugi-rugi daya yang terjadi pada jaringan distribusi primer 20 kV di Kota Ternate, dan Berapa besar jatuh tegangan pada jaringan distribusi primer 20 kV di Kota Ternate.

B. Batasan Masalah

Tugas akhir ini masalah di batasi dengan pertimbangan sarana, biaya dan waktu maka pembahasan ini di batasi pada analisis suatu sitem dalam rugi daya pada suatu saluran distribusi primer 20 kV, dan pertimbangan data atau wilayah yang akan di analisa terdapat di daerah ternate atau penyulang yang melayani kota ternate.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menghitung berapa besar jatuh tegangan yang terjadi pada penyulang kota ternate, untuk menganalisa daya yang hilang pada system jaringan distribusi primer 20 kV pada penyulang kota ternate, dan untuk menghitung apakah jaringan system distribusi primer 20 kV di kota ternate apakah masih layak atau sesuai standar dengan kondisi beban yang skarang.

D. Metode penelitian

Melakukan studi literatur melalui pengumpulan literatur–literatur yang berhubungan dengan penulisan tugas akhir ini, Melakukan observasi lapangan, dengan melihat permasalahan yang ada,

Melakukan diskusi dengan dosen pembimbing, dosen–dosen Lain, teman–teman mahasiswa mengenai masalah–masalah yang berhubungan dengan penulisan ini, Mengumpulkan data–data yang diperlukan, Melakukan pengolahan data yang diperoleh sehubungan dengan pembahasan, dan Melakukan Penulisan berdasarkan data dan pengolahan data serta analisa data.

II. LANDASAN TEORI

A. Pengertian Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah;

1. pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan),
2. merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringandistribusi.

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV

dinaikan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV ,150kV, hingga 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ($I^2.R$). Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula. Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer.

Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan. pada sistem penyaluran daya jarak jauh, selalu digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan Trafo-Trafo *Step-Up*. Nilai Tegangan yang sangat tinggi ini (HV, UHV, EHV) menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain: berbahaya bagi lingkungan dan mahalnnya harga perlengkapan-perengkapannya, selain menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada sisi beban. Maka, pada daerah-daerah pusat beban tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan trafo-trafo *step-down*. akibatnya, bila ditinjau nilai tegangannya, maka mulai dari titik sumber hingga di titik beban, terdapat bagian-bagian saluran yang memiliki nilai tegangan berbeda-beda.

B. Klasifikasi Saluran Distribusi Tenaga Listrik

Sistem jaringan distribusi tenaga listrik dapat diklasifikasikan dari berbagai segi, antara lain adalah:

1. Berdasarkan ukuran tegangan
2. Berdasarkan ukuran arus
3. Berdasarkan sistem penyaluran
4. Berdasarkan konstuksi jaringan
5. Berdasarkan bentuk jaringan.

C. Sistem Penyaluran

Berdasarkan sistem penyalurannya, jaringan distribusi dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu dengan dengan menggunakan saluran udara (*overhead line*) dan, saluran bawah tanah (*underground cable*). Saluran udara merupakan sistem penyaluran tenaga listrik melalui kawat penghantar yang ditumpang pada tiang listrik. Sedangkan saluran bawah tanah merupakan sistem penyaluran tenaga listrik melalui kabelkabel yang ditanamkan di dalam tanah.

1. Saluran Udara (*Overhead Lines*)

- Keuntungannya dari saluran udara yaitu lebih fleksibel dan leluasa dalam upaya untuk perluasan beban, dapat digunakan untuk penyaluran tenaga listrik pada tegangan diatas 66 kV, lebih mudah dalam pemasangannya, dan bila terjadi gangguan hubung singkat, mudah diatasi dan dideteksi.
- Kerugiannya mudah terpengaruh oleh cuaca buruk, bahaya petir badai, tertimpa pohon dsb, untuk wilayah yang penuh dengan bangunan yang tinggi, sukar untuk menempatkan saluran, masalah efek kulit, induktansi, dan kapasitansi yang terjadi, akan mengakibatkan tegangan drop lebih tinggi, ongkos pemeliharaan lebih mahal, karena perlu jadwal pengecatan dan penggantian material listrik bila terjadi kerusakan.

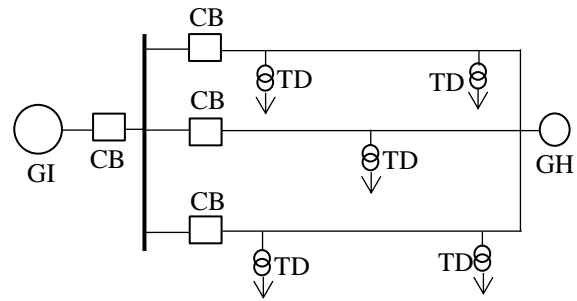
2. Saluran Bawah Tanah (*Underground Lines*)

- Keuntungannya tidak terpengaruh oleh cuaca buruk, bahaya petir, badai, tertimpa pohon, dsb, tidak mengganggu pandangan, bila adanya bangunan yang tinggi, dari segi keindahan, saluran bawah tanah lebih sempurna dan lebih indah dipandang, mempunyai batas umur pakai dua kali lipat dari saluran udara, dan ongkos pemeliharaan lebih murah, karena tidak perlu adanya pengecatan, tegangan drop lebih rendah karena masalah induktansi bisa diabaikan.
- Kerugiannya biaya investasi pembangunan lebih mahal dibanding-kan dengan saluran udara, saat terjadi gangguan hubung singkat, usaha pencarian titik gangguan tidak mudah (susah), perlu pertimbangan-pertimbangan teknis yang lebih mendalam di dalam perencanaan, khususnya untuk kondisi tanah yang dilalui, dan hanya tidak dapat menghindari bila terjadi bencana banjir, desakan akar pohon, dan ketidakstabilan tanah.

D. Jaringan Distribusi Primer Berdasarkan Jenis Jaringan

1. Jaringan Radial

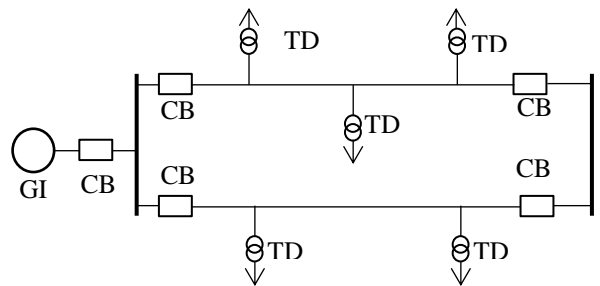
Jaringan radial adalah bentuk jaringan yang biayanya pembangunannya terbilang paling murah. Jaringan yang penyulang utamanya adalah jaringan yang di keluarkan dari gardu induk itu disebut penyulang utama, lalu yang di sebut dengan penyulang cabang adalah cabang yang di cabangkan dari penyulang yang di keluarkan dari gardu induk. Pada jaringan radial ini jika terjadi gangguan pada salah satu cabang maka tidak akan mempengaruhi jaringan lain, tapi jika terjadi gangguan dipenyulang utama maka semua jaringan percabangan akan mengalami kehilangan energi.



Gambar 2.1 Jaringan Radial

2. Jaringan Loop

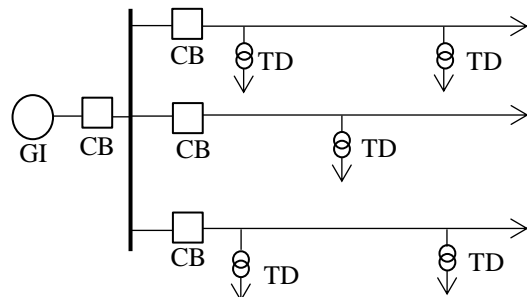
Jaringan loop merupakan gabungan dari dua jaringan radial yang membentuk lingkaran, pada kedua ujung-ujung jaringan di pasang pemutus (PMT) atau pemisah tegangan (PMS). Kelebihan dari jaringan ini adalah jatuh tegangannya lebih kecil kecil. Sistem kerja dari jaringan ini bila salah satu saluran mengalami gangguan, maka pemutus (PMT) akan membuka sehingga jaringan lain tidak terkena gangguan.



Gambar 2.2 Jaringan Loop

3. Jaringan Spindel

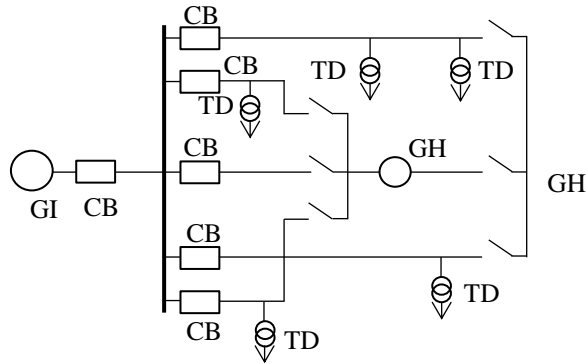
Jaringan spindel merupakan modifikasi dari jaringan radial hanya saja pada jaringan spindel perubahannya berupa penambahan jumlah penyulang yang keluar dari ril tegangan menengah di perbanyak dan semua akan bertemu di suatu titik yang di namakan gardu hubung. Keuntungan dari jaringan ini adalah dapat melayani beban-beban yang besar dan sedang.



Gambar 2.3 Jaringan Spindel

4. Jaringan Cluster

Jaringan ini merupakan struktur jaringan spindel. Dimana pada penyulang ekstra berperan sebagai gardu hubung. Keuntungan dari jaringan cluster apabila terjadi penambahan beban maka saluran ini dapat di perpanjang dengan penghantar.



Gambar 2.4 Jaringan Cluster

E. Tahanan Penghantar

Nilai tahanan konduktor/penghantar harus berada dibawah standard yang ditentukan atau paling maksimal adalah sama, tidak boleh lebih. Jika nilai tahanan yang diukur lebih dari nilai standard, hal itu biasa dinamakan “Rmax” (Tahanan maksimum). Tahanan maksimum pada konduktor saat aplikasinya di lapangan, akan menyebabkan “losses” pada arus listrik dan mengakibatkan panas. Bahaya yang paling fatal adalah menjadi sebab terjadinya kebakaran. Isolasi konduktor yang meleleh akibat panasnya konduktor bisa “melahap” apa saja yang ada disekitarnya.

Faktor yang mempengaruhi nilai tahanan pada suatu penghantar yaitu, jika luas penampangnya di ubah, panjang kawat di ubah, dan jenis kawatnya di ganti maka nilai tahanan pada suatu penghantar juga akan berubah. Adapun yang dapat merubah nilai Resistansi pada suatu penghantar yaitu adalah suhu, nilai resistansi akan berubah jika suatu penghantar itu panas dan jika kawat penghantarnya dingin nilai resistansinya juga akan berkurang.

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Ket: R = Resistansi saluran (Ω / km)
 l = Panjang Kawat (km)
 ρ = Hambatan Jenis (Ω m)
 A = Luas Penampang (mm²)

F. Daya Listrik

Daya Listrik disebut dengan Electrical Power yaitu jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber Energi seperti Tegangan listrik akan menghasilkan sebuah daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut.

Sedangkan berdasarkan pada konsep usaha, yang dimaksud dengan daya listrik yaitu besarnya usaha dalam memindahkan muatan per satuan waktu atau lebih singkatnya yaitu Jumlah Energi Listrik yang digunakan tiap detik. Berdasarkan dengan definisi tersebut, perumusan daya listrik yang dihasilkan dari perkalian tegangan (V) dan arus (I) yaitu sebagai berikut:

$$P = I \cdot V \quad (2.1)$$

Dimana: P = daya (Watt)

I = arus (Amper)

V = tegangan (Volt)

Dalam system listrik bolak-balik (AC) di kenal dengan adanya tiga jenis Daya untuk beban yang memiliki impedansi (Z) yaitu:

1. Daya Aktif (P)

Daya aktif adalah daya nyata yaitu daya yang dibutuhkan oleh beban. Satuan daya aktif adalah Watt.

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \quad (\text{persamaan satu fase})$$

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \phi \quad (\text{persamaan tiga fase}) \quad (2.2)$$

2. Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif adalah daya yang timbul karna akibat adanya efek induksi elektromagnetik oleh beban yang mempunyai nilai induktif. Satuan daya reaktif adalah Var.

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \quad (\text{persamaan satu fase})$$

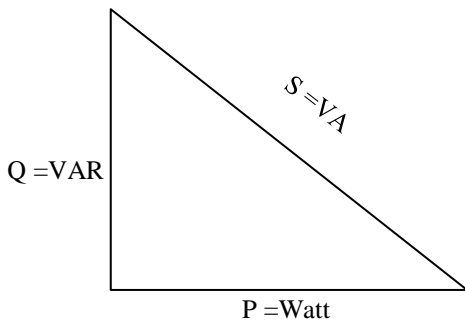
$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \phi \quad (\text{persamaan tiga fase}) \quad (2.3)$$

3. Daya Semu (S)

Pada beban impedansi (Z), daya semu adalah daya yang terukur atau yang terbaca pada alat ukur. Daya semu adalah penjumlahan dari daya aktif dan daya reaktif. satuan daya ini adalah VA.

$$S = V \cdot I \quad (\text{persamaan satu fase}) \quad (2.4)$$

Hubungan dari ketiga daya di atas (P, Q, S) di sebut segitiga daya. Berikut ini gambar dari segitiga daya.



Gambar 2.12 Segitiga Daya

Dari gambar di atas terlihat bahwa semakin besar nilai daya reaktif (Q) akan meningkatkan sudut antara daya nyata dan daya semu atau bisa di sebut power factor/ Cos ϕ . Sehingga daya yang terbaca pada alat ukur lebih besar dari pada daya yang sesungguhnya di butuhkan oleh beba

G. Rugi-Rugi Daya

Rugi-rugi daya adalah hilangnya daya yang di kirim dari pusat pembangkit untuk di salurkan ke beban, Daya yang hilang adalah daya yang di bangkitkan namun tidak terjual. Ada beberapa persoalan yang menyebabkan terjadinya rugi-rugi daya antarlain rugi-rugi daya secara teknis dan rugi-rugi daya secara non teknis.

1. Rugi-rugi daya secara teknis

Rugi-rugi daya secara teknis merupakan rugi-rugi daya yang di sebakpan oleh sifat daya hantar matrial atau peralatan listrik itu sendiri yang sangat tergantung dari kualitas bahan dari matrial atau peralatan listrik tersebut,

2. Susut non teknis

Susut non teknis adalah susut energy listrik yang di konsumsi oleh pelanggan maupun non pelanggan tetapi tidak terekam sebagai penjualan. Hal tersebut terjadi karna salah baca meter, kesalahan entry data, pemakaian energi listrik secara tidak sah (ilegal) dan penerangan jalan umum liar dan lain-lain. Disebabkan bukan karna sifat dari bahan matrial atau Persamaan mencari berapa besar rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran distribusi primer 20kV yaitu:

$$P_{losses} = I^2 \cdot R \quad (2.5)$$

P losses = daya yang hilang pada rangkaian (Watt)

I = Arus yang mengalir pada rangkaian (Ampere)

R = hambatan pada rangkaian (Ohm)

Dengan persamaan yang di pakai untuk menghitung rugi-rugi daya ada beberapa tahap yang harus di lakukan, yang pertama cari terlebih dahulu nilai arus dan nilai tegangan yang apa pada jaringan. Setelah mendapatkan nilai tegangan dan

arus baru di masukan ke rumus Plosses = I².R untuk mencari daya yang hilang.

$$P_{susut} = I^2 \cdot R \text{ kawat}$$

$$I = \frac{\Delta V}{R_{ac}}$$

I = arus pada rangkaian

R_{ac} = Tahanan dari kawat

ΔV = Jatuh Tegangan

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Ket:

R = Resistansi saluran (Ω / km)

l = Panjang Kawat (km)

ρ = Hambatan Jenis (Ω m)

A = Luas Penampang (mm²)

H. Jatuh Tegangan

Tegangan Jatuh (Voltage Drop) merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Bila drop tegangan yang timbul melebihi batas maksimum, maka ukuran kabel yang lebih besar harus dipilih.

Tegangan Jatuh (Voltage Drop) disepanjang kabel lebih ditentukan karena beban konsumen (misalnya peralatan) sehingga tegangan yang sampai diinput peralatan tidak melebihi batas toleransi. Ini berarti, jika tegangan pada alat tersebut lebih rendah dari tegangan minimum, maka alat tidak dapat beroperasi dengan benar.

Secara umum, sebagian besar peralatan listrik akan beroperasi normal pada tegangan serendah 80 % dari tegangan nominal. Sebagai contoh, jika tegangan nominal adalah 230VAC, maka sebagian besar peralatan dapat dijalankan pada > 184VAC. Pemilihan ukuran untuk kabel penghantar yang baik adalah ukuran yang hanya mengalami drop tegangan sebesar kisaran 5 - 10% pada beban penuh.

Persamaan untuk mencari besarnya jatuh tegangan yang terjadi pada suatu jaringan distribusi primer 20kV sebagai berikut:

$$\Delta V = 100 \frac{(R \cdot \cos\phi) + (X \cdot \sin\phi \cdot R)}{VS^2} \text{ SI. LI} \quad (2.6)$$

Ket:

ΔV : Jatuh Tegangan Dalam (%)

R : Resistansi Saluran (Ω /Km)

X : Reaktansi Saluran (Ω /Km)

VS² : Besar Tegangan Yang Di Salurkan (V)

SI : Daya Yang Di Salurkan (VA)

LI : Panjang Penghantar (Km)

III. DATA DAN PERHITUNGAN

Sistem tenaga listrik di Kota Ternate di layani oleh Pembangkit Listrik Tenaga Disel Kayu Merah (PLTD KAYU MERAH) dengan panjang jaringan 60,21 Kms, jumlah gardu distribusi 183, dan daya yang di salurkan sebesar 58.725 kVA.

A. Data System Distribusi Primer Kota Ternate

Table 1. System Distribusi Primer Kota Ternate

NO	NAMA PENYULANG	Panjang (Kms)			Jumlah Gardu Dist	Total KVA Gardu Dist	Panjang JTR (kms)	NAMA SISTEM	JAM NYALA
		SUTM	SKTM	TOTAL					
1	ULP TERNATE	60,21		60,21	183	58.725	199,68		
	Stadion	16,18		16,18	50	13.030	44,78	TERNATE	24 Jam
	Jambula	20,39		20,39	57	8.500	43,66		
	Sulamadaha	11,36		11,36	41	18.680	82,15		
	Kota	8,02		8,02	27	8.555	19,09		
	Mangga Dua	4,27		4,27	8	9.960	10,00		

B. Perhitungan Jatuh Tegangan Pada Penyulang

Perhitungan Jatuh Tegangan Untuk Penyulang Jambula Sekment Jambula-LBS Ngade dengan menggunakan persamaan (2.6)

$$\Delta V\% = 100 \frac{(R \cdot \cos\alpha) + (X \cdot \sin\alpha)}{V^2} \text{ S.I. LI}$$

Dik;

- Jenis penghantar : AAAC 70mm²
- Panjang penghantar : 0,502 km
- Beban : 250 kVA
- Tegangan : 20kV

$$\begin{aligned} \Delta V\% &= 100 \frac{(0,4608 \times 0,8) + (0,3572 \times 0,6)}{20^2} \\ &= \frac{(0,36864) + (0,21432)}{20^2} \cdot 125,5 \\ &= \frac{0,58296}{400} \cdot 125,5 \\ &= 18,29\% \end{aligned}$$

$$\Delta V = 18,29 \frac{20.000}{100} = 3.658 \text{ Volt}$$

Dengan menggunakan persamaan yang sama maka hasil perhitungan jatuh tegangan pada 5 penyulang dapat di ketahu:

- Hasil perhitungan jatuh tegangan pada penyulang jambula terdapat 13 sekmen yang memiliki jatuh tegangan lebih dari 10%.
- Hasil perhitungan jatuh tegangan pada penyulang stadion terdapat 12 sekmen yang memiliki jatuh tegangan lebih dari 10%

- Hasil perhitungan jatuh tegangan pada penyulang stadion terdapat 12 sekmen yang memiliki jatuh tegangan lebih dari 10%
- Hasil perhitungan jatuh tegangan pada penyulang kota terdapat 4 sekmen yang memiliki jatuh tegangan lebih dari 10%.
- Hasil perhitungan jatuh tegangan pada penyulang manga dua terdapat 4 sekmen yang memiliki jatuh tegangan lebih dari 10%.
- Hasil perhitungan jatuh tegangan pada penyulang sulamadaha terdapat 4 sekmen yang memiliki jatuh tegangan lebih dari 10%.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Jatuh Tegangan Pada Penyulang Jambula

NO	KODE HANTAR	PENYULANG	DAYA YANG DIKIRIM (KVA)	DAYA YANG TERPAKAI (KVA)	UKURAN PENGAHNTAR (mm ²)	JENIS PENGAHNTAR	JARAK PENGHA NTAR (km)	ΔV (%)	ΔV (volt)
1	TTE. 26	SEGMENT JAMBULA - LBS NGADE	250	342.14	70	A3C	0,502	18,29	3.658,07
2	TTE. 95	SEGMENT JAMBULA - LBS NGADE	250	175.70	70	A3C	0,600	21,86	4.372,20
3	TTE. 157	SEGMENT FCO KALUMATA KOA - UIJUNG JTM	100	60.59	70	A3C	0,300	4,37	874,44
4	TTE. 116	SEGMENT FCO KALUMATA KOA - UIJUNG JTM	250	184.89	70	A3C	0,541	19,71	3.942,27
5	TTE. 262	SEGMENT FCO KALUMATA KOA - UIJUNG JTM	160	92.12	70	A3C	0,521	12,15	2.429,78
6	TTE. 257	SEGMENT JAMBULA - LBS NGADE	200	112.66	70	A3C	0,532	15,51	3.101,35
7	TTE. 28	SEGMENT JAMBULA - LBS NGADE	50	16.56	70	A3C	0,192	1,40	279,82
8	TTE. 140	SEGMENT LBS MASJID NGADE - UIJUNG JTM	50	5.53	70	A3C	0,322	2,35	469,28
9	TTE. 296	SEGMENT LBS MASJID NGADE - UIJUNG JTM	100	38.31	70	A3C	0,598	8,72	1.743,05
10	TTE. 174	SEGMENT LBS MASJID NGADE - UIJUNG JTM	160	78.94	70	A3C	0,680	15,86	3.171,30
11	TTE. 182	SEGMENT LBS MASJID NGADE - UIJUNG JTM	50	17.94	70	A3C	0,162	1,18	236,10
12	TTE. 29	SEGMENT LBS NGADE - LBS GAMBESI	50	13.18	70	A3C	0,176	1,28	256,50
13	TTE. 183	SEGMENT AUTOLINK FITU - UIJUNG JTM	100	76.12	70	A3C	0,310	4,52	903,99
14	TTE. 343	SEGMENT LBS NGADE - LBS GAMBESI	100	82.47	70	A3C	0,421	1,76	352,69
15	TTE. 30	SEGMENT LBS GAMBESI - PMCB JAMBULA	200	173.12	70	A3C	0,300	8,74	1.748,88
16	TTE. 255	SEGMENT LBS NGADE - LBS GAMBESI	100	29.06	70	A3C	0,154	2,24	448,88
17	TTE. 330	SEGMENT LBS NGADE - LBS GAMBESI	200	1.99	70	A3C	0,212	6,18	1.235,88
18	TTE. 281	SEGMENT AUTOLINK UNKHAIR - UIJUNG JTM	200	55.09	70	A3C	0,400	11,66	2.331,84
19	TTE. 134	SEGMENT AUTOLINK UNKHAIR - UIJUNG JTM	100	9.64	70	A3C	0,315	4,59	918,16
20	TTE. 185	SEGMENT AUTOLINK UNKHAIR - UIJUNG JTM	100	106.23	70	A3C	0,912	13,29	2.658,30
21	TTE. 313	SEGMENT LBS GAMBESI - PMCB JAMBULA	200	96.38	70	A3C	0,311	9,07	1.813,01
22	TTE. 213	SEGMENT LBS GAMBESI - PMCB JAMBULA	100	55.09	70	A3C	0,431	6,28	1.256,28
23	TTE. 31	SEGMENT LBS GAMBESI - PMCB JAMBULA	160	70.09	70	A3C	0,459	10,70	2.140,63
24	TTE. 160	SEGMENT LBS UMMU - UIJUNG JTM	100	75.79	70	A3C	0,214	3,12	623,77
25	TTE. 279	SEGMENT LBS UMMU - UIJUNG JTM	100	19.94	70	A3C	0,362	5,28	1.055,16
26	TTE. 186	SEGMENT LBS UMMU - UIJUNG JTM	25	4.23	70	A3C	0,173	0,63	126,07
27	TTE. 187	SEGMENT LBS UMMU - UIJUNG JTM	100	46.56	70	A3C	0,340	4,96	991,03
28	TTE. 274	SEGMENT LBS GAMBESI - PMCB JAMBULA	200	120.12	70	A3C	0,421	12,27	2.454,26
29	TTE. 124	SEGMENT AUTOLINK STIKIP - UIJUNG JTM	200	88.44	70	A3C	0,495	14,43	2.885,65
30	TTE. 175	SEGMENT AUTOLINK STIKIP - UIJUNG JTM	50	8.89	70	A3C	0,238	1,59	317,71
31	TTE. 280	SEGMENT LBS GAMBESI - PMCB JAMBULA	100	63.72	70	A3C	0,424	6,18	1.235,88
32	TTE. 328	SEGMENT FCO LAPAS - UIJUNG JARINGAN	100	0	70	A3C	0,308	4,49	897,76
33	TTE. 178	SEGMENT FCO LAPAS - UIJUNG JARINGAN	50	19.55	70	A3C	0,266	1,94	387,67
34	TTE. 188	SEGMENT FCO LAPAS - UIJUNG JARINGAN	50	12.62	70	A3C	0,382	2,78	556,73
35	TTE. 118	SEGMENT FCO FORA MADIHI - UIJUNG JTM	125	54.86	70	A3C	0,584	10,64	2.127,80
36	TTE. 154	SEGMENT FCO PENGAYOMAN - UIJUNG JARING JTM	50	0.94	70	A3C	0,365	2,66	531,95
37	TTE. 256	SEGMENT NGADE - LBS JAMBULA	100	7.89	70	A3C	0,354	5,16	1.031,84
38	TTE. 59	SEGMENT NGADE - LBS JAMBULA	50	17.71	70	A3C	0,155	1,13	225,90
39	TTE. 60	SEGMENT NGADE - LBS JAMBULA	50	7.82	70	A3C	0,299	2,18	435,76
40	TTE. 311	SEGMENT AFTADOR - LBS MONGE	100	1.29	70	A3C	0,504	7,35	1.469,06
41	TTE. 344	SEGMENT AFTADOR - LBS MONGE	100	8.11	70	A3C	0,450	6,56	1.311,66
42	TTE. 240	SEGMENT AFTADOR - LBS MONGE	50	17.60	70	A3C	0,170	1,24	247,76
43	TTE. 61	SEGMENT AFTADOR - LBS MONGE	50	33.53	70	A3C	0,162	1,18	236,10
44	TTE. 62	SEGMENT LBS MONGE - LBS TOURE	25	12.08	70	A3C	0,169	0,62	123,15
45	TTE. 220	SEGMENT LBS MONGE - LBS TOURE	50	3.73	70	A3C	0,377	2,75	549,44
46	TTE. 63	SEGMENT LBS MONGE - LBS TOURE	50	28.42	70	A3C	0,281	2,05	409,53
47	TTE. 64	SEGMENT LBS MONGE - LBS TOURE	100	33.09	70	A3C	0,357	5,20	1.040,58
48	TTE. 65	SEGMENT LBS MONGE - LBS TOURE	100	45.97	70	A3C	0,447	6,51	1.302,92
49	TTE. 229	SEGMENT LBS MONGE - LBS TOURE	160	1.3	70	A3C	0,687	16,02	3.203,95
50	TTE. 83	SEGMENT LBS MONGE - LBS TOURE	50	7.07	70	A3C	0,287	2,09	418,27
51	TTE. 248	SEGMENT LBS MONGE - LBS TOURE	100	52.47	70	A3C	0,412	6,00	1.200,90
52	TTE. 159	SEGMENT LBS MONGE - LBS TOURE	50	9.42	70	A3C	0,271	1,97	394,96
53	TTE. 96	SEGMENT LBS MONGE - LBS TOURE	25	14.12	70	A3C	0,161	0,59	117,32
54	TTE. 123	SEGMENT LBS TOURE - LBS SULAMADAH	50	10.56	70	A3C	0,370	2,70	539,24
55	TTE. 97	SEGMENT LBS TOURE - LBS SULAMADAH	50	21.31	70	A3C	0,338	2,32	463,45
56	TTE. 234	SEGMENT LBS MONGE - LBS TOURE	25	4.38	70	A3C	0,175	0,64	127,52
57	TTE. 242	SEGMENT LBS TOURE - LBS SULAMADAH	50	2.31	70	A3C	0,381	2,78	555,27

Table 9. rugi-rugi daya pada penyulang manga dua

NO	KODE HANTAR	KODE HANTAR	JENIS PENGHANTAR (mm ²)	JARAK PENGHANTAR (km)	SUSUT DAYA (Watt)
1	TTE. 325	SEGMENT MANGGA DUA - GH 01	A3COC	0,831	34.972
2	TTE. 16 A	SEGMENT LBS FERİ - LBS BASTIONG	A3COC	0,177	8.429
3	TTE. 16 B	SEGMENT LBS FERİ - LBS BASTIONG	A3COC	0,379	82.750
4	TTE. 16 C	SEGMENT LBS FERİ - LBS BASTIONG	A3COC	0,266	28.609
5	TTE. 309	SEGMENT MANGGA DUA - GH 01	A3COC	0,960	215.670
6	TTE. 387	SEGMENT GH 03 AIRPORT - LBS LANAL	A3COC	0,371	20.026
7	TTE. 294	SEGMENT MANGGA DUA - GH 01	A3COC	0,692	51.698
8	TTE. 295	SEGMENT MANGGA DUA - GH 01	A3COC	0,594	32.698
TOTAL				4,27	474.850

Table 10. rigi-rigi daya pada penyulang sulamadaha

NO	KODE HANTAR	KODE HANTAR	JENIS PENGHANTAR	JARAK PENGHANTAR (km)	SUSUT DAYA (Watt)
1	TTE. 206	SEGMENT SULAMADAHA - LBS PERUMNAS	A3C	0,427	29.654
2	TTE. 169	SEGMENT LBS PERUMNAS - LBS ADVEN	A3C	0,395	23.474
3	TTE. 200	SEGMENT LBS HIMO2 - LBS JATI	A3C	0,221	4.233
4	TTE. 152	SEGMENT FCO GRAND DAFAM - UJUNG JTM	A3C	0,266	11.533
5	TTE. 81	SEGMENT FCO KAMAR MAYAT - LBS 3WAY RSU	A3C	0,320	31.373
6	TTE. 184	SEGMENT LBS AMARA - LBS BI	A3C	0,322	31.965
7	TTE. 287	SEGMENT LBS ADVEN - LBS SKEP	A3C	0,241	3.412
8	TTE. 158	SEGMENT LBS ADVEN - LBS SKEP	A3C	0,292	6.069
9	TTE. 44	SEGMENT LBS ADVEN - LBS SKEP	A3C	0,419	28.018
10	TTE. 20	SEGMENT LBS ADVEN - LBS SKEP	A3C	0,411	26.444
11	TTE. 245	SEGMENT FCO POLDA - UJUNG JTM	A3C	0,204	5.202
12	TTE. 285	SEGMENT LBS ADVEN - LBS SKEP	A3C	0,200	1.248
13	TTE. 100	SEGMENT LBS ADVEN - LBS SKEP	A3C	0,283	5.525
14	TTE. 203	SEGMENT LBS KIPAN - UJUNG JTM	A3C	0,352	66.295
15	TTE. 88	SEGMENT LBS KIPAN - UJUNG JTM	A3C	0,201	3.185
16	TTE. 191	SEGMENT LBS KIPAN - UJUNG JTM	A3C	0,245	5.767
17	TTE. 40	SEGMENT LBS KIPAN - UJUNG JTM	A3C	0,205	3.379
18	TTE. 110	SEGMENT LBS KIPAN - UJUNG JTM	A3C	0,114	227
19	TTE. 111	SEGMENT LBS KIPAN - UJUNG JTM	A3C	0,302	10.802
20	TTE. 49	SEGMENT LBS KIPAN - UJUNG JTM	A3C	0,129	82
21	TTE. 27	SEGMENT LBS ADVEN - LBS SKEP	A3C	0,321	8.063
22	TTE. 288	SEGMENT FCO SKEP AMO - UJUNG JTM	A3C	0,313	12.025
23	TTE. 47	SEGMENT FCO SKEP AMO - UJUNG JTM	A3C	0,408	65.026
24	TTE. 103	SEGMENT LBS SKEP - LBS SOA	A3C	0,419	28.018
25	TTE. 151	SEGMENT FCO GAMAYOU 2 - UJUNG JTM	A3C	0,207	1.359
26	TTE. 289	SEGMENT FCO GAMAYOU 2 - UJUNG JTM	A3C	0,210	3.632
27	TTE. 133	SEGMENT FCO GAMAYOU 2 - UJUNG JTM	A3C	0,119	65
28	TTE. 84	SEGMENT LBS SKEP - LBS KUBUR ISLAM	A3C	0,306	1.746
29	TTE. 76	SEGMENT FCO AKEBOCA - UJUNG JTM	A3C	0,100	38
30	TTE. 163	SEGMENT FCO TSEL SOA - UJUNG JTM	A3C	0,282	3.435
31	TTE. 43	SEGMENT LBS SKEP - LBS SOA	A3C	0,336	9.247
32	TTE. 263	SEGMENT FCO SOA 2 - UJUNG JTM	A3C	0,330	14.093
33	TTE. 58	SEGMENT FCO TOBENGA - UJUNG JTM	A3C	0,192	271
34	TTE. 204	SEGMENT FCO TOBENGA - UJUNG JTM	A3C	0,130	84
35	TTE. 264	SEGMENT LBS SOA - GH 03	A3C	0,396	15.138
36	TTE. 179	SEGMENT LBS SOA - GH 03	A3C	0,290	372
37	TTE. 78	SEGMENT FCO MASJID KASTURIAN - UJUNG JTM	A3C	0,287	3.621
38	TTE. 290	SEGMENT LBS SOA - GH 03	A3C	0,397	9.762
39	TTE. 119	SEGMENT FCO LOKA MONITOR	A3C	0,282	3.435
40	TTE. 164	SEGMENT LBS SOA - GH 03	A3C	0,301	6.648
41	TTE. 237	SEGMENT LBS SOA - GH 03	A3C	0,392	14.684
TOTAL				11,36	498.648

BAB IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian lalu melakukan pengolahan data dan perhitungan pada jaringan distribusi primer 20kV pada daerah Kota Ternate di 5 (lima) penyulang yang di layani oleh PLTD KAYU MERAH, dapat disimpulkan:

1. Pada Penyulang Jambula terdapat 12 sekmen mengalami jatuh tegangan yang melebihi standar yang di tentukan yaitu 10%. Dan jatuh tegangan itu terjadi pada Tte. 26 A Segment Jambula - Lbs Ngade 18,29% = 3.658 Volt, Tte. 95 B Segment Jambula - Lbs Ngade 21,86% = 4.372 Volt, Tte. 116 B Segment Fco Kalumata Koa - Ujung Jtm 19,71% = 3.942 Volt, Tte. 262 C Segment Fco Kalumata Koa - Ujung Jtm 12,15% = 2.429 Volt, Tte. 174 Segment Jambula - Lbs Ngade 15,51% = 3.101 Volt, Tte. 281 Segment Autolink Unkhair - Ujung Jtm 11,66% = 2.331 Volt, Tte. 185 Segment Autolink Unkhair - Ujung Jtm 13,29% = 2.658 Volt, Tte. 118 Segment Lbs Gambesi - Pmcb Jambula 10,70% = 2.140 Volt, Tte. 274 Segment Lbs Gambesi - Pmcb Jambula 12,27% = 2.454 Volt, Tte. 124 Segment Autolink Stikip - Ujung Jtm 14,43% = 2.885 Volt, Tte. 118 Segment Fco Fora Madiahi - Ujung Jtm 10,64% = 2.127 Volt, Tte. 229 F. Segment Lbs Monge - Lbs Tolire 16,02% = 3.203 Volt.
2. Pada Penyulang Stadion terdapat 12 sekmen yang mengalami jatuh tegangan melebihi 10% yaitu antara lain. Tte. 129 Segment Stadion - Lbs Himo-Himo 14,21% = 2.842 Volt, Tte. 173 Segment Stadion - Lbs Himo-Himo 11,08% = 2.215 Volt, Tte. 92 Segment Lbs Himo2 - Lbs Jati 18,95% = 3.789 Volt, Tte. 42 Segment Lbs Himo2 - Lbs Jati 31,91% = 6.381 Volt, Tte. 74 Segment Fco Perumnas - Ujung Jtm 14,25% = 2.849 Volt, Tte. 75 Segment Fco Perumnas - Ujung Jtm 10,23% = 2.046 Volt, Tte. 273 Segment Lbs Jati Metro - Ujung Jtm 11,40% = 2.279 Volt, Tte. 230 Segment Lbs Jati - Lbs Amara 10,96% = 2.192 Volt, Tte. 268 Segment Fco Rsu - Ujung Jtm 17,89 % = 3.578 Volt, Tte. 82 Segment Lbs Amara - Lbs Bi 11,66% = 2.332 Volt, Tte. 71 Segment Lbs Malikrubu - Lbs Taman Malikrubu 11,61% = 2.323 Volt, Tte. 172 Segment Lbs Malikrubu - Lbs Taman Malikrubu 13,59% = 2.718 Volt.
3. Pada Penyulang Kota terdapat 7 sekmen mengalami jatuh tegangan yang melebihi standar yang di tentukan yaitu 10%. Dan jatuh tegangan itu terjadi pada Tte. 50 Segment Kota - Lbs Feri 10,07% = 2.015 Volt, Tte. 251 Segment Kota - Lbs Feri 29,38% = 5.876 Volt, Tte. 46 Segment Lbs Bastiong - Lbs Kelapa Pendek 13,99 % = 2.798 Volt, Tte. 6 Segment Lbs Kelapa Pendek - Gh 01 11,62% = 2.325 Volt, Tte. 80 Segment Fco Tanah Tinggi - Ujung Jtm 13,85% = 2.769 Volt, Tte. 10 Segment Lbs Kelapa Pendek - Gh 01 11,69 % = 2.338 Volt, Tte. 89 Segment Lbs Kelapa Pendek - Gh 01 10,93% = 2.186 Volt

4. Pada Penyulang Mangga Dua terdapat 4 sekmen mengalami jatuh tegangan yang melebihi standar yang di tentukan yaitu 10%. Dan jatuh tegangan itu terjadi pada Tte. 16 B Segment Lbs Feri - Lbs Bastiong $17,40\% = 3.479$ Volt, Tte. 16 C Segment Lbs Feri - Lbs Bastiong $12,21\% = 2.442$ Volt, Tte. 309 Segment Mangga Dua - Gh 01 $17,82\% = 3.564$ Volt, Tte. 294 Segment Mangga Dua - Gh 01 $10,28\% = 2.055$ Volt.
5. Pada Penyulang Sulamadaha terdapat 4 sekmen mengalami jatuh tegangan yang melebihi standar yang di tentukan yaitu 10%. Dan jatuh tegangan itu terjadi pada Tte. 81 Segment Fco Kamar Mayat - Lbs 3way Rsu $11,66\% = 2.332$ Volt, Tte. 184 Segment Lbs Amara - Lbs Bi $11,73\% = 2.346$ Volt, Tte. 203 Segment Lbs Kipan - Ujung Jtm $16,16\% = 3.232$ Volt, Tte. 47 Segment Fco Skep Amo - Ujung Jtm $14,87\% = 2.973$ Volt.
6. Rugi-Rugi daya yang terjadi pada penyulang yang ada di Kota Ternate yaitu, Penyulang Jambula sebesar 1.460.208 Watt, Penyulang Stadion sebesar 1.477.039 Watt, Penyulang Kota sebesar 644.134 Watt, Penyulang Manga Dua sebesar 474.850 Watt, dan pada Penyulang Sulamadaha sebesar 498.648 Watt.

Dari beberapa kesimpulan di atas terdapat beberapa sekmen yang ada pada setiap penyulang yang mengalami jatuh tegangan yang melebihi 10% dari standar jatuh tegangan yang telah di tentukan sehingga terdapat pula rugi-rugi daya, oleh karna itu dari pihak (PLN) KOTA TERNATE harus segera melakukan perbaikan atau penambahan Gardu Hubung mengurangi jatuh tegangan yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

1. Budi Astuti. 2011. *Penghantar Teknik Elektro. Ruko Jambusari 7A Yogyakarta 55283*.
2. Suhadi Tri Wrahatnolo. Jakarta 2008 *SMK Teknik-Distribusi-Tenaga Listrik-Jilid-II* Suhadi
3. Suhadi Tri Wrahatnolo. Jakarta 2008 *SMK Teknik-Distribusi-Tenaga Listrik-Jilid-III* Suhadi.
4. Stevenson, William. 1994. *Analisis Sistem Tenaga. Diterjemahkan oleh Kamal Idris*. Jakarta: Erlangga.
5. Suswanto, Daman. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Padang.
6. Suhadi Tri Wrahatnolo. Jakarta. 2008 *SMK Teknik-Distribusi-Tenaga Listrik-Jilid-I* Suhadi
7. Tri Watini, S.T., M. T; Kholistianingsih, S.T., M.Eng.; Ir. Pingit Broto Atmadi, M.T 2014. *Pembangkit Tenaga Listrik Ruko Jambusari 7A Yogyakarta 55283*.
8. Nolki J. Hontong; Maickel Tuegeh; Ir.Lily S, Patras, ST., MT. 2015 *Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Di PT.PLN PALU*.
9. Meyer N. Nelwan; Maickel Tuegeh; Fielman Lisi; 2015. *Penyusutan Energi Listrik Pada Penyulang SU2 Jaringan DI Distribusi Minahasa Utara*.
10. James P. Ulahayanan; Ir.Lily S, Patras, ST., MT ; Fielman Lisi. 2019. *Studi Perbaikan Kualitas Tegangan Pada Jaringan Distribusi Primer 20KV Di Kota Gorontalo*.

TENTANG PENULIS



Nama penulis adalah Ryand Andala Putra.

Lahir pada tanggal 06 Desember 1995 di kota Ternate. Saya merupakan anak pertama dari Joko Suyanto dan Diana Boway. Pendidikan yang telah saya tempuh dimulai dari SDN Inpres Baburino (2005), dan melanjutkan studi di SMP Negeri 1 Maba (2009-2011) dan melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Haltim (2011-2014). Di tahun 2014 saya menyelesaikan studi SMA kemudian melanjutkan pendidikan S1 di perguruan tinggi Universitas Sam Ratulangi dengan mengambil Program Studi Teknik Elektro di Jurusan Elektro Fakultas Teknik. Hingga akhirnya pada November 2020 saya dapat menyelesaikan studi S1 dengan hasil yang baik.