

ANALISA RUGI – RUGI DAYA PADA SALURAN DISTRIBUSI 20 KV DI KABUPATEN KEPULAUAN SANGIHE

Josua Prasetyo Pilat¹⁾, Hans Tumaliang²⁾, Sartje Silimang³⁾

Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115

pilatjosua@gmail.com, hanstumaliang@gmail.com, sartje.silimang@unsrat.ac.id

Abstrack-- In an electric power distribution network system there is always a load imbalance, one of the factors causing losses in the distribution network caused by the length of the conductor and the size of the conductor. In the distribution network system of the Sangihe Islands Regency there are 12 feeders, where in the distribution network the voltage obtained is only 10% in accordance with the SPLN and for losses in the distribution network it is only 25%, therefore it is necessary to study the analysis of voltage drop and losses. distribution network losses, so that the distribution of electrical energy at the load can be met with the established standards.

The analysis in writing this final project is to determine the extent of the voltage drop and losses on the feeder that supplies the load to the Sangihe Islands Regency.

Keywords : Voltage Drop, Power Loss

Abstrak-- Pada suatu sistem jaringan distribusi tenaga listrik selalu terjadi ketidakseimbangan beban, salah satu factor penyebab terjadinya rugi-rugi pada jaringan distribusi disebabkan oleh Panjang penghantar dan ukuran penghantar. Pada sistem jaringan distribusi Kabupaten Kepulauan Sangihe terdapat 12 penyulang, dimana pada jaringan distribusi jatuh tegangan yang diperoleh hanya boleh sebesar 10% sesuai dengan SPLN dan untuk rugi-rugi pada jaringan distribusinya boleh sebesar 25%, oleh karena itu perlu adanya penelitian perhitungan Analisa jatuh tegangan dan rugi-rugi jaringan distribusi, sehingga dalam penyaluran energi listrik pada beban dapat terpenuhi dengan standart yang ditetapkan.

Analisa pada penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui sejauh mana besar jatuh tegangan dan rugi-rugi pada penyulang yang menyuplai beban pada Kabupaten Kepulauan Sangihe

Kata Kunci: Jatuh Tegangan Rugi-rugi Daya

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di Sangihe, sehingga mengakibatkan bertambahnya kebutuhan akan energi listrik di Kabupaten Sangihe. Saat ini. PLN Kabupaten Sangihe melayani kebutuhan energi listrik dengan kapasitas sebesar 20,66 MW.

Dalam upaya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Kabupaten Sangihe, tentunya PLN harus dapat melakukan rencana yang matang agar tidak terjadi kekurangan lagi. Untuk kondisi saat ini PLN mengalami berbagai kesulitan dalam melakukan keseimbangan beban dengan kemampuan kapasitas yang terbatas. Beberapa kesulitan yang harus di hadapi oleh PLN Kabupaten Sangihe diantaranya berupa drop tegangan pada jaringan, rugi-rugi pembangkit dan rugi-rugi daya, serta beberapa kesulitan lainnya.

Dalam penyaluran tenaga listrik tersebut, terdapat rugi-rugi daya atau rugi-rugi teknis. Penyebab terjadinya rugi-rugi daya listrik di sebabkan karena panjangnya sistem penyaluran dari tenaga listrik, ukuran diameter kawat penghantar yang digunakan, jenis kawat penghantar, ukuran tahanan dari kawat penghantar. Material dan dimensi yang digunakan menghasilkan parameter saluran sebagai Impedansi saluran, sehingga mengakibatkan rugi tegangan, kemudian menghasilkan rugi daya yang berdampak pada saluran. Sehingga rugi daya yang terjadi sangat perlu diperhatikan, karena bisa menyebabkan hilangnya daya yang cukup besar.

Oleh karena alasan tersebut maka penulis memiliki sebuah ide untuk mengangkat judul tugas akhir “Analisa Rugi – Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi 20 kV di Kabupaten Kepulauan Sangihe” yang di harapkan dapat menyelesaikan permasalahan yang terjadi di Kabupaten Kepulauan Sangihe. Maka dari itu dibutuhkan adanya data teknis yang tepat agar dapat menghasilkan perhitungan yang akurat, sehingga dapat di ketahui kerugian yang di alami dari suatu penyulang, yang mengakibatkan pemakaiannya lebih

II. LANDASAN TEORI

Distribusi Tenaga Listrik merupakan proses pengiriman tenaga listrik dari system transmisi listrik menuju konsumen listrik. Gardu Distribusi terhubung ke system transmisi kemudian tegangan di turunkan menggunakan trafo.

A. Gardu Distribusi

Gardu Distribusi merupakan satu bangunan gardu listrik yang berisi atau terdiri dari instalasi Perlengkapan Tegangan Menengah (PHB-TM) dan Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan listrik bagi para pelanggan baik Tegangan Menengah (TM 20 kV) maupun Tegangan Rendah (TR 220/380V). Jenis perlengkapan hubung bagi tegangan menengah pada gardu distribusi berbeda sesuai dengan jenis konstruksi gardunya.

B. Jaringan Distribusi Primer

Distribusi Primer adalah jaringan transmisi yang tegangannya di turunkan di Gardu Induk (GI) menjadi tegangan menengah (TM) dengan nominal tegangan 20KV yang di sebut jaringan tegangan menengah (JTM) kemudian di salurkan ke trafo pada Gardu Distribusi dan dinaikan/diturunkan tegangannya kemudian di salurkan ke pelanggan.

C. Jaringan Distribusi Sekunder

Distribusi Sekunder adalah jaringan distribusi dari gardu distribusi dan di salurkan ke pelanggan dengan klasifikasi tegangan yaitu 220 V atau 380 V (Antar Fasa). Jaringan dari Gardu Distribusi di sebut jaringan tegangan rendah (JTR), kemudian di salurkan ke rumah pelanggan yang di sebut sambungan rumah (SR).

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikan tegangannya oleh gardu indukdengan 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 halini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ($P.R$). 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

D. Daya

Pada sistem tenaga listrik terdapat perbedaan antara daya atau kekuatan (*power*) dan energi; energi adalah daya dikalikan waktu sedangkan daya listrik merupakan hasil perkalian tegangan dan arusnya, dengan satuan daya listrik yaitu watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu [Joule/s]. Daya listrik [P] yang dihasilkan oleh arus listrik [i] pada tegangan [v] dinyatakan dengan persamaan.

$$P = i \cdot v$$

dimana,

$$\begin{aligned} P &= \text{daya [watt]} \\ i &= \text{arus [ampere]} \\ v &= \text{tegangan [V]} \end{aligned}$$

Dalam sistem listrik arus bolak-balik, dikenal adanya 3 jenis daya untuk beban yang memiliki impedansi (Z), yaitu

Daya Aktif (P)

Daya aktif (*Active Power*) disebut juga daya nyata yaitu daya yang dibutuhkan oleh beban. Satuan daya aktif adalah Watt dinyatakan dengan persamaan.

$$P = V \cdot I \cdot \text{Cos}\phi$$

$$P = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \text{Cos}\phi$$

Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif adalah daya yang timbul akibat adanya efek induksi elektromagnetik oleh beban yang mempunyai nilai induktif (fase arus tertinggal/lagging atau kapasitif (fase arus mendahului/leading). Satuan daya reaktif adalah Var .

$$Q = V \cdot I \cdot \text{Sin}\phi$$

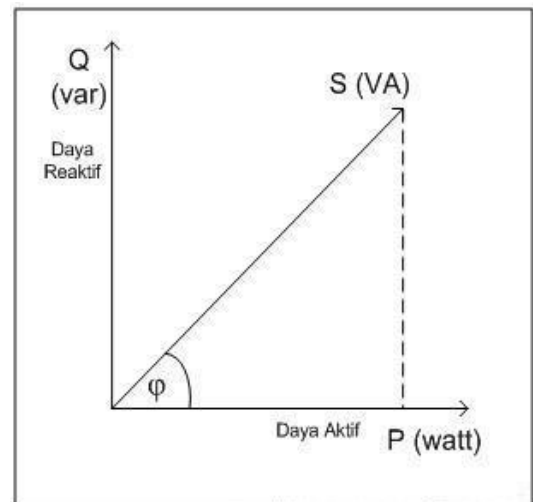
$$Q = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \text{Sin}\phi$$

Daya Semu (S)

Pada beban impedansi (Z), daya semu adalah daya yangterukur atau terbaca pada alat ukur. Daya semu adalah penjumlahan daya aktif dan daya reaktif secara vektoris. Satuan daya ini adalah VA dinyatakan dengan persamaan.

$$S = V \cdot I$$

Hubungan dari ketiga daya diatas (P, Q, S) disebutsegitiga daya. Gambar 1 merupakan dari segitiga daya.



Gambar 2. Segitiga Daya

Dari gambar diatas terlihat bahwa semakin besar nilaidaya reaktif (Q) akan meningkatkan sudut antara daya nyata dan daya semu atau biasa disebut *power factor* $\text{Cos}\phi$. Sehingga daya yang terbaca pada alat ukur (S) lebih besar daripada daya yang sesungguhnya dibutuhkan oleh beban (P). Dimana,

$$P = V \cdot I \cdot \text{Cos}\phi$$

$$Q = V \cdot I \cdot \text{Sin}\phi$$

$$S = V \cdot I$$

E. Klasifikasi Beban Listrik

Berdasarkan klasifikasi beban, jenis konsumen energi listrik dibagi menjadi empat macam, yaitu:

1. Beban Rumah Tangga

Untuk beban rumah tangga biasanya berupa lampu sebagai penerangan, dan alat rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, mixer, oven, pompa air, dan lain sebagainya. Beban rumah tangga biasanya memuncak pada malam hari.

2. Beban Komersial

Biasanya terdiri atas penerangan untuk iklan, restoran, hotel, dan perkantoran. Puncak beban komersial terjadi pada siang hari.

3. Beban Industri

Dibedakan menjadi dua yaitu skala kecil dan skala besar. Untuk skala kecil banyak beroperasi di siang hari dan skala besar beroperasi sampai 24 jam.

4. Beban Fasilitas Umum

Biasanya meliputi prasarana yang disediakan oleh pemerintah seperti rumah ibadah, rumah sakit, sekolah, dan fasilitas umum lainnya. Puncak dari beban ini biasanya terjadi pada siang hari.

F. Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan adalah besar tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Bila tegangan yang timbul melebihi batas maksimum, maka ukuran kabel yang lebih besar harus dipilih. Secara umum, sebagian besar peralatan listrik akan beroperasi normal pada tegangan serendah 80 % dari tegangan nominal. Pemilihan ukuran kabel penghantar yang baik hanya mengalami drop tegangan sebesar 5 – 10 % pada beban penuh. Persamaan untuk mencari besar jatuh tegangan yang terjadi pada jaringan distribusi primer 20 kV sebagai berikut:

$$\Delta V\% = 100 \frac{(R \cdot \cos \varphi) + (X \cdot \sin \varphi)}{VS^2} SI \cdot LI$$

- ΔV : Jatuh Tegangan Dalam (%)
- R : Resistansi Saluran (Ω /Km)
- X : Reaktansi Saluran (Ω /Km)
- VS^2 : Besar Tegangan Yang disalurkan (VA)
- SI : Daya Yang Di Salurkan (VA)
- LI : Panjang Penghantar (Km)

Untuk mencari nilai jatuh tegangan dapat menggunakan rumus di atas dan mencari nilai – nilai resistansi saluran dan nilai reaktansi saluran menggunakan data SPLN 64:1985 dengan penghantar AAAC (All Alloy Aluminium Conductor).

Tabel 1 SPLN 64:1985 Penghantar AAAC tegangan 20kV

Luas penampang	Jari ² mm	urat	GMR (mm)	Impedansi urutan positif (ohm/km)	Impedansi urutan nol (ohm/km)
16	2,2563	7	1,6380	2,0161 + j 0,4036	2,0161 + j 1,6911
25	2,8203	7	2,0475	1,2903 + j 0,3895	1,4384 + j 1,6770
35	3,3371	7	2,4227	0,9217 + j 0,3790	1,0697 + j 1,6665
50	3,9886	7	2,8957	0,6452 + j 0,3678	0,7932 + j 1,6553
70	4,7193	7	3,4262	0,4608 + j 0,3572	0,6088 + j 1,6447
95	5,4979	19	4,1674	0,3096 + j 0,3449	0,4876 + j 1,6324
120	6,1791	19	4,6837	0,2688 + j 0,3376	0,4168 + j 1,6324
150	6,9084	19	5,2365	0,2162 + j 0,3305	0,3631 + j 1,6180
185	7,6722	19	5,8155	0,1744 + j 0,3239	0,3224 + j 1,6114
240	8,7386	19	6,6238	0,1344 + j 0,3158	0,2824 + j 1,6034

G. Rugi-rugi Daya

Dalam proses penyaluran tenaga listrik ke para pelanggan terjadi rugi – rugi teknis (losses) yaitu rugi daya. Rugi – rugi daya disebabkan oleh sifat daya hantar material atau peralatan listrik itu sendiri yang sangat tergantung dari kualitas bahan material atau peralatan listrik tersebut, dan bila berada di dalam satu jaringan maka akan sangat tergantung dengan konfigurasi jaringannya.

1. Susut teknis dapat di pengaruhi oleh beberapa hal, yaitu:

- Ukuran penghantar
- Beban tak seimbang
- Regulasi tegangan yang jelek
- Faktor daya di beban rendah
- Jaringan terlalu Panjang
- Manajemen pembebanan trafo tidak seimbang
- Beban non linier dengan harmonic
- Rendahnya perawatan peralatan
- Penuaan usia peralatan

2. Susut Non Teknis

Susut non teknis adalah susut energi listrik yang di gunakan oleh pelanggan ataupun 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 karena sifat dari bahan material atau peralatan listrik yang terpasang pada jaringan.

Susut non teknis di pengaruhi oleh beberapa hal, yaitu.:

- Perilaku konsumen (pencurian)
- Peralatan pengukur yang tidak terkalibrasi dengan baik
- Standarisasi alat pengukur yang tidak sama
- Manajemen pengelolaan yang tidak konvensional

Persamaan untuk mencari berapa besar rugi-rugi daya yang terjadi pada saluran distribusi primer 20kV yaitu:

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

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

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

Ket: I = Arus Listrik

R = Resistansi Saluran Ω /km

ρ = Tahanan Jenis $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

R_{ac} = Tahanan dari kawat

l = Panjang kawat (m)

ΔV = Jatuh Tegangan (V)

A = Luas Penampang (mm^2)

Untuk mencari rugi – rugi daya yang terjadi dengan menggunakan rumus diatas. Adapun beberapa tahap yang harus di cari terlebih dahulu, yaitu yang pertama nilai arus dan nilai tegangan yang ada pada jaringan. Setelah mendapatkan nilai arus dan tegangan kemudian di hitung menggunakan rumus Plosses = $I^2 \cdot R$ untuk mencari daya yang hilang.

III. METODOLOGI PENELITIAN

1. Metode Penelitian

- Melakukan Studi literature dengan mempelajari teori dari buku - buku dan bahan kuliah yang mendukung dengan skripsi ini.
- Pengambilan data yang berhubungan dengan penelitian yang ada.
- Diskusi dengan dosen pembimbing, para dosen dan teman – teman mahasiswa yang terkait dengan penelitian skripsi ini.
- Mengelola data yang ada dengan mempelajari teori yang telah dipelajari.
- Penarikan Kesimpulan.

2. Data – Data Yang Diperlukan

Dalam melakukan penelitian ini diperlukan data – data yaitu:

- Data sistem primer 20kV di Kabupaten Kepulauan Sangihe
- Data ukuran kawat JTM Kabupaten Kepulauan Sangihe

TABEL 2. DATA SISTEM PRIMER 20 KV

NO	NAMA PENYULANG	Panjang (KMS)			JUMLAH GARDU DISTRIBUSI	Total KVA GARDU DISTRIBUSI	Panjang JTR (KMS)	NAMA SYSTEM	JAM NYALA
		SUTM	SKTM	Total					
1	TAHUNA (ULP TAMAKO)	12.970			8			KAB.KEP. SANGIHE	24 JAM
2	PENYULANG MAINLINE UPEL OUTGOING	5.302			1				
3	KOTA TAMAKO	8.239			10				
4	LAPANGO	45.980			29				
5	TAHUNA (ULP TAMAKO (KP LESABE))	40.163			27				
6	PINTARENG	50.993			20				
7	SALURANG	28.603			20				
8	KOTA	11.965			50				
9	TONA	6.576			28				
10	KOLONGAN	24.465			35				
11	TAMAKO	23.095			18				
12	LESABE	24.612			22				
13	PETTA	10.451			12				
14	TAHUNA (ULP PETTA (KP PETTA))	9.021			6				
15	KOTA PETTA	7.122			6				
16	BOWONGKULU	20.433			15				
17	KENDAHE	46.471			37				

Sumber: Data Operasi PT PLN (Persero) Wilayah Kabupaten Sangihe

TABEL 3. DATA UKURAN KAWAT JTM

PENYULANG	SEGMENT	DAYA YANG DI KIRIM	UKURAN PENAMPANG	PANJANG SEGMENT (KMS)	JENIS PENGHANTAR
TAHUNA (ULP TAMAKO)	SEGMENT PLTD - KALENGBATU	25	3x50	1,910	A3C
	SEGMENT PLTD - NAGHA 2	50	3x50	1,080	A3C
	SEGMENT NAGHA 2 - LALAPIDE	25	3x50	1,499	A3C
	SEGMENT BARANGKALANG - BULUDE	50	3x50	1,051	A3C
	SEGMENT BATUWUHU - BELENGAN	50	3x50	1,020	A3C

Sumber: Data Operasi PT PLN (Persero) Wilayah Kabupaten Sangihe

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Perhitungan Jatuh Tegangan

Mencari besar jatuh tegangan yang terjadi pada segment PLTD – Kalengbatu dengan menggunakan persamaan

$$\Delta V\% = 100 \frac{(R \cdot \cos \varphi) + (X \cdot \sin \varphi)}{VS^2} SI \cdot LI$$

a. Jenis Penghantar : AAAC 50 mm²

b. Panjang Penghantar: 1,910 Km

c. Beban : 25 kVA

d. Tegangan : 20 kV

$$\Delta V = 100 \frac{(R \cdot \cos \varphi) + (X \cdot \sin \varphi)}{VS^2} SI \cdot LI$$

$$\Delta V\% = 100 \frac{(0,6452 \cdot 0,8) + (0,3678 \cdot 0,6)}{20^2} 25 \times 1,910$$

$$\Delta V\% = 100 \frac{(0,51616) + (0,22068)}{400} 47,75$$

$$\Delta V\% = 100 \frac{0,73684}{400} 47,75$$

$$\Delta V\% = \frac{73,684}{400} 47,75$$

$$\Delta V\% = 0,18421 \times 47,75$$

$$\Delta V = 8,80 \%$$

TABEL 4. HASIL PERHITUNGAN JATUH TEGANGAN ULP TAMAKO

PENYULANG	SEGMENT	DAYA YANG DI KIRIM	UKURAN PENAMPANG	PANJANG SEGMENT (KMS) LI	ΔV (%)
TAHUNA (ULP TAMAKO)	SEGMENT PLTD - KALENGBATU	25	3x50	1,910	8,80
	SEGMENT PLTD - NAGHA 2	50	3x50	1,080	9,95
	SEGMENT NAGHA 2 - LALAPIDE	25	3x50	1,499	6,90
	SEGMENT BARANGKALANG - BULUDE	50	3x50	1,051	9,68
	SEGMENT BATUWUHU - BELANGAN	50	3x50	1,020	9,39

B. Analisa Perhitungan Rugi-rugi Daya

Mencari rugi – rugi daya yang terjadi pada segment PLTD – Kalengbatu dengan menggunakan persamaan

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

Sebelum mencari nilai rugi – rugi daya listrik yang harus dicari adalah nilai arus (I)

dan nilai tahanan Kawat (R).

- a. Jenis Penghantar : AAAC 50 mm²
- b. Panjang Penghantar : 1.910 Km
- c. Jatuh Tegangan : 8,80 %
- d. ρ : 0,387

$$I = \frac{\Delta V}{Rac}$$

$$I = \frac{8,80}{0,6452}$$

$$I = 13,64 \text{ Watt}$$

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

$$R = 0,387 \frac{1,910}{50}$$

$$R = 0,01478$$

$$P_{\text{susut}} = 13,64^2 \times 0,01478 = 2,75 \text{ Watt}$$

TABEL 4. HASIL PERHITUNGAN RUGI-RUGI DAYA TAHUNA

PENYULANG	SEGMENT	DAYA YANG DI KIRIM	PANJANG SEGMENT (KMS)	UKURAN PENAMPANG	SUSUT DAYA
TAHUNA (ULP TAMAKO)	SEGMENT PLTD - KALENGBATU	25	1,910	3x50	2,75
	SEGMENT PLTD - NAGHA 2	50	1,080	3x50	1,99
	SEGMENT NAGHA 2 - LALAPIDE	25	1,499	3x50	1,33
	SEGMENT BARANGKALANG - BULUDE	50	1,051	3x50	1,83
	SEGMENT BATUWUHU - BELANGAN	50	1,020	3x50	1,67
JUMLAH					9,57

V. PENUTUP

A. KESIMPULAN

Perhitungan analisa rugi-rugi pada sistem jaringan distribusi Kabupaten Kepulauan Sangihe dilakukan untuk menjaga daya yang disalurkan dari sumber pembangkitan agar tetap mampu melayani kebutuhan beban, dengan menjaga standart jatuh tegangan sebesar 10% dan standar rugi daya sebesar 25%.

Perhitungan jatuh tegangan pada sistem kelistrikan jaringan distribusi kabupaten kepulauan sangihe terdapat 12 penyulang yang semuanya masih memenuhi starisasi jatuh tegangan sebesar 10%

Dalam pperhitungan rugi daya, terdapat satu penyulang yang memiliki rugidaya melebihi starisasi rugi-rugi daya sebesar 25% yang terdapat pada penyulang Pintareng

sebesar 31.31%, hal tersebut terjadi disebabkan oleh penghantar yang terlalu panjang.

B. SARAN

Menambah gardu hubung untuk memperkecil jarak penghantar agar rugi – rugidaya yang terjadi tidak terlalu besar. Penampang saluran lebih di perbesar agar meminimalisir kerugian daya yang terjadi. Melakukan pemeliharaan jaringan secara rutin ataupun pemeliharaan secara korektif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Binilang, Rizky B. 2017. “Studi Analisa Rugi Daya Pada Saluran DIstribusi Primer 20 kV Di Kota Tahuna”. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- [2] Budi Astuti. 2011. Penghantar Teknik Elektro. Ruko Jambusari 7A Yogyakarta 55283.
- [3] Putra, Ryand Andala. 2020. “Analisa Rugi- Rugi Daya Primer 20 kV di Kota Ternate”. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- [4] Suhadi Tri Wrahatnolo. Jakarta 2008 SMK Teknik- Distribusi- Tenaga- Listrik- Jilid- II Suhadi Suhadi Tri Wrahatnolo. Jakarta 2008 SMK Teknik-
- [5] Distribusi- Tenaga- Listrik- Jilid- III Suhadi. Stevenson, William. 1994. Analisis Sistem Tenaga. Diterjemahkan oleh Kamal Idris. Jakarta: Erlangga.
- [6] Suswanto, Daman. 2009. Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Padang.
- [7] Suhadi Tri Wrahatnolo. Jakarta. 2008 SMK Teknik- Distribusi- Tenaga- Listrik- Jilid- I Suhadi
- [8] 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.



Penulis bernama lengkap Josua Prasetyo Pilat. Anak ke dua dari tiga bersaudara, lahir dari pasangan suami istri, Johanis Pilat (Ayah) dan Franseska Makawaehe (Ibu), di Tahuna 13 September 1999. Sebelum menempuh jenjang Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, penulis telah menempuh Pendidikan secara berturut- turut di TK Eklesia Nagha 1 Tamako (2004-2005), SD Katolik Santu Agustinus Tahuna (2005-2011), SMP N 1 Tahuna (2011-2014), SMK N 1 Tahuna (2014-2017).

Penulis memulai Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di jurusan Teknik Elektro pada tahun 2017, dengan mengambil konsentrasi jurusan Minat Teknik Tegangan Tinggi pada Tahun 2019. Pada Tahun 2021 Penulis melaksanakan Kerja Praktek (Magang) di PT.Hendry Elyon Narwastu.

Selama Menempuh Pendidikan penulis aktif dalam kegiatan dan organisasi didalam dan diluar kampus, terutama dalam kegiatan di Laboratorium Tenaga Listrik Unsrat, Himpunan Mahasiswa Elektro FT. UNSRAT dan. Penulis Selesai menempuh Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado, Jurusan Teknik Elektro pada bulan Juli 2022, dengan judul Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Distribusi 20 kV Di Kabupaten Kepulauan Sangihe.