

PERENCANAAN JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK 20KV DI UNIVERSITAS SAM RATULANGI

Fedwina F. Syafira Lihawa, Ir. Hans Tumaliang, MT., Sartje Silimang, ST., MT.

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

Email : 16021103001@student.unsrat.ac.id, hanstumaliang@unsrat.ac.id, sartje.silimang@unsrat.ac.id

ABSTRAK

Perencanaan sistem distribusi tenaga listrik merupakan bagian yang esensial dalam mengatasi pertumbuhan akan kebutuhan ebergi listrik yang cukup pesat. Perencanaan diperlukan sebab berkaitan dengan tujuan pengembangan sistn distribusi yang harus memenuhi beberapa kriteria teknis dan ekonomis, dimana perencanaan ini dilakukan secara terstruktur dan sesuai standar yang ada. Universitas Sam Ratulangi merupakan salah satu perguruan tinggi yang ada di Manado, kampus ini memiliki banyak gedung yang dipakai untuk perkuliahan, laboratorium, auditorium dan kantor rektorat. Untuk mendapatkan suatu fleksibilitas pelayanan optimum yang mampu dengan cepat mengantisipasi perumbuhan kebutuhan energi listrik, maka dibutuhkan perencanaan jaringan distribusi 20kV di Universitas Sam Ratulangi agar dapat memantau pemakaian nergi listrik ditiap fakultas dan gedung fasilitas kampus dan juga dapat mengetahui cara menentukan besar kapasitas trafo pada gardu distribusi yang ada di kampus tersebut. Perencanaan ini terdapat 5 (lima) gardu yang terdiri dari 1 (satu) gardu utama dan 4 (empat) sub gardu dan kapasitas trafo yang akan digunakan yaitu 1x1,250kVA, 2x500kVA, dan 1x630kVA (tidak termasuk trafo yang digunakan untuk pompa air di Fakultas Pertanian.

Kata Kunci: Perencanaan, Jaringan Distribusi Tenaga Listrik 20kV, Universitas Sam Ratulangi.

I. PENDAHULUAN

Energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok bagi masyarakat, perkantoran, industri, dan lain sebagainya, segala aktifitas sehari-hari tidak lepas dari kebutuhan akan energi listrik, termasuk juga penunjang operasional di kampus Universitas Sam Ratulangi.

Universitas Sam Ratulangi merupakan salah satu perguruan tinggi di Manado, kampus ini memiliki banyak gedung-gedung yang dipakai untuk perkuliahan, laboratorium, auditorium, dan kantor rektorat. Seiring dengan terus bertambahnya perkembangan peralatan dan fasilitas kampus, maka permintaan kebutuhan akan energi listrik di Universitas Sam Ratulangi juga meningkat. Pemakaian listrik ditiap-tiap gedung susah untuk dipantau, karena letak kWh meter tidak menentu.

Dari kenyataan tersebut maka perlu direncanakan pengembangan sistem tenaga listrik baik meliputi penyediaan sumber tenaga listrik, maupun sistem distribusinya. Salah satu sisten tenaga listrik yang perlu diadakan peningkatannya adalah jaringan distribusi. upaya dilakukan perencanaan jaringan adalah untuk mendapatkan biaya penyaluran yang paling ekonomis, dilihat dari segi investasi dan untuk pembayaran

listrik tiap bulannya juga untuk mempermudah pemantauan pemakaian energi listrik.

Perencanaan sistem distribusi energi listrik merupakan bagian yang esensial dalam mengatasi pertumbuhan kebutuhan energi listrik yang cukup pesat, karena sistem distribusi berfungsi sebagai pembagi atau penyalur tenaga listrik ke pelanggan, juga merupakan sub sistem Tenaga Listrik yang berhubungan langsung dengan pelanggan.

Perencanaan diperlukan, sebab berkaitan dengan tujuan pengembangan sistem distribusi yang harus memenuhi beberapa kriteria teknis dan ekonomis. Perencanaan sistem distribusi ini dilakukan secara terstruktur dan sesuai dengan standart yang ada untuk memperoleh suatu pola pelayanan yang ideal.

Jadi, tujuan umum perencanaan sistem distribusi ini adalah untuk mendapatkan suatu fleksibilitas pelayanan optimum yang mampu dengan cepat mengantisipasi pertumbuhan kebutuhan energi listrik dan kerapatan beban yang harus dilayani dan pemantauan pemakaian energi listrik yang terpusat di satu gardu untuk tiap-tiap fakultas.

II. LANDASAN TEORI

A. Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Menurut buku Teknik Distribusi Tenaga Listrik jilid 1 yang ditulis oleh Suhadi, dkk (2006 : 11) menyebutkan bahwa 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 sebagai pembagian atau penyaluran tenaga listrik beberapa tempat (pelanggan).

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11kV sampai 24kV dinaikan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70kV, 154kV, 220kV atau 500kV, yang kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi.

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20kV 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 220/380V. 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 penyaluran 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 mahalnya harga perlengkapan-perlengkapannya, selain menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan 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 dari nilai tegangannya, maka mulai dari titik sumber hingga ke titik beban, terdapat bagian-bagian saluran yang memiliki tegangan berbeda-beda.

B. Perencanaan Distribusi Tenaga Listrik

Tujuan umum perencanaan jaringan distribusi adalah untuk mendapatkan suatu fleksibilitas pelayanan yang optimal yang mampu dengan cepat mengantisipasi pertumbuhan kebutuhan energi listrik dan kerapatan beban yang harus dilayani.

Perencanaan sistem distribusi dimulai dari konsumen. Pola kebutuhan, tipe dan faktor beban dan karakteristik beban yang dilayani akan menentukan tipe sistem distribusi yang akan dipakai. Kelompok-kelompok beban tersebut akan dilayani oleh jaringan sekunder. Sekelompok jaringan sekunder ini akan dilayani oleh trafo-trafo distribusi yang selanjutnya sejumlah trafo ini akan memberikan gambaran pembebanan pada jaringan primer. Jaringan distribusi ini akan mendapatkan masukan dari trafo-trafo Gardu Induk.

Sistem beban pada jaringan distribusi ini akan menentukan pula lintasan dan kapasitas saluran distribusi. Dengan demikian setiap langkah proses perencanaan sistem distribusi merupakan input bagi langkah proses selanjutnya.

C. Pengembangan Gardu

Pengembangan gardu dipengaruhi oleh beberapa faktor dasar dominan. Kondisi eksisting jaringan distribusi serta konfigurasinya merupakan faktor yang mendampingi pertumbuhan beban, kerapatan beban dalam proses penentuan pengembangan gardu untuk melakukan konstruksi gardu baru.



Gambar 1 Faktor-faktor yang mempengaruhi pengembangan gardu.

(Sumber Gambar: BUKU SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK UNTUK MAHASISWA TEKNIK ELEKTRO EDISI PERTAMA, 2009, Daman Suswanto)

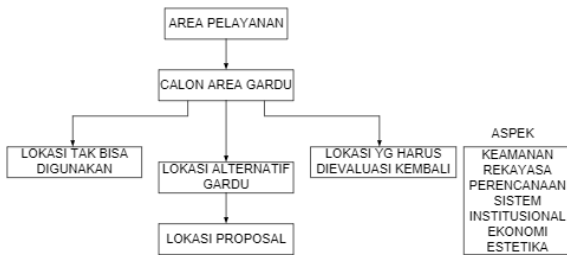
D. Pemilihan Letak Gardu

Lokasi gardu dipengaruhi oleh faktor seperti jarak dari pusat beban, jarak dari jaringan sub-transmisi yang ada dan adanya

batasan-batasan seperti tersedianya lahan, investasi yang harus digunakan, dan aturan penggunaan lahan.

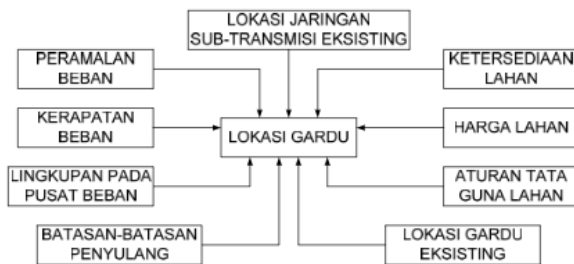
Lokasi ideal gardu mengikuti pandangan-pandangan sebagai berikut:

- Lokasi gardu tersebut sebanyak mungkin melingkupi sejumlah beban.
- Dapat memberikan level tegangan yang baik.
- Mampu memberikan akses yang baik untuk *incoming* saluran sub transmisi dan *outgoing* penyulang primer.
- Mempunyai ruang yang cukup untuk pengembangan.
- Tidak bertentangan dengan aturan tata guna lahan.
- Dapat meminimalisasi jumlah konsumen yang terpengaruh terhadap adanya gangguan.
- Kemudahan instalasi.



Gambar 2 Prosedur pemilihan gardu.

(Sumber Gambar: BUKU SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK UNTUK MAHASISWA TEKNIK ELEKTRO EDISI PERTAMA, 2009, Daman Suswanto).

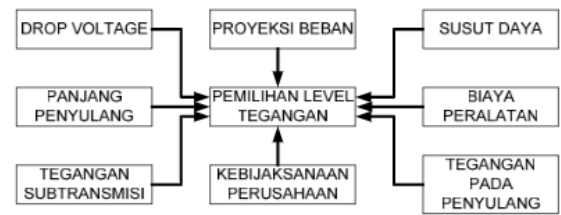


Gambar 3 Faktor-faktor yang mempengaruhi lokasi gardu.

(Sumber Gambar: BUKU SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK UNTUK MAHASISWA TEKNIK ELEKTRO EDISI PERTAMA, 2009, Daman Suswanto).

E. Pemilihan Level Tegangan Penyulang Primer

Faktor-faktor dasar dalam menentukan level tegangan pada penyulang primer yaitu sebagai berikut:



Gambar 4 Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan level tegangan.

(Sumber Gambar: BUKU SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK UNTUK MAHASISWA TEKNIK ELEKTRO EDISI PERTAMA, 2009, Daman Suswanto).

F. Pembebanan Penyulang Primer

Pembebanan penyulang primer adalah pembebanan pada penyulang tersebut pada kondisi beban puncak dan diukur di sisi gardu. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi *design* pembebanan penyulang tersebut antara lain:

- Rapat beban penyulang
- Pola pembebanan
- Lajur pertumbuhan beban
- Keperluan *reverse capacity* kondisi darurat
- Kontinuitas pelayanan
- Kualitas pelayanan
- Keandalan pelayanan
- Level tegangan pada penyulang primer
- Tiper dan biaya konstruksi
- Lokasi dan kapasitas gardu distribusi
- Guna pengaturan tegangan

Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan lintasan jaringan primer tersebut yaitu sebagai berikut:



Gambar 4 Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan level tegangan.

(Sumber Gambar: BUKU SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK UNTUK MAHASISWA TEKNIK ELEKTRO EDISI PERTAMA, 2009, Daman Suswanto).

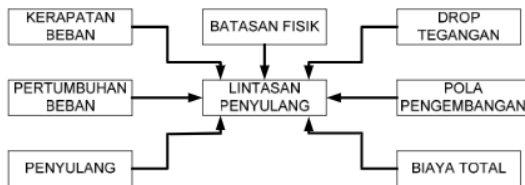
G. Pembebanan Penyulang Primer

Pembebanan penyulang primer adalah pembebanan pada

penyulang tersebut pada beban puncak dan diukur di sisi gardu. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi pembebanan pada penyulang tersebut antara lain:

- Rapat beban penyulang
- Pola pembebanan
- Laju pertumbuhan beban
- Keperluan *reverse capacity* kondisi darurat
- Kontinuitas pelayanan
- Kualitas pelayanan
- Keandalan pelayanan
- Level tegangan pada penyulang primer
- Tiper dan biaya konstruksi
- Lokasi dan kapasitas gardu distribusi
- Guna pengaturan tegangan

Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan lintasan jaringan primer tersebut yaitu sebagai berikut:



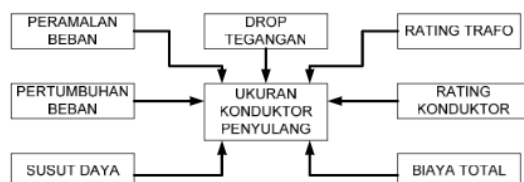
Gambar 5 Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan level tegangan

(Sumber Gambar: BUKU SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK UNTUK MAHASISWA TEKNIK ELEKTRO EDISI PERTAMA, 2009, Daman Suswanto).



Gambar 6 Faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah penyulang primer

(Sumber Gambar: BUKU SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK UNTUK MAHASISWA TEKNIK ELEKTRO EDISI PERTAMA, 2009, Daman Suswanto).



Gambar 7 Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan ukuran konduktor

(Sumber Gambar: BUKU SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK UNTUK MAHASISWA TEKNIK ELEKTRO EDISI PERTAMA, 2009, Daman Suswanto).

H. Perlengkapan Sistem Distribusi

Jaringan distribusi tenaga listrik yang baik adalah jaringan yang memiliki perlengkapan dan peralatan yang cukup lengkap, baik itu peralatan guna konstruksi maupun peralatan proteksi. Berikut merupakan komponen-komponen yang digunakan dalam jaringan distribusi tenaga listrik 20kV.

a) Transformator Distribusi

Trafo distribusi merupakan komponen utama dari sistem distribusi, karena berfungsi untuk menurunkan tegangan dari sisi Saluran Tegangan Menengah 20kV menjadi tegangan yang siap dipakai oleh konsumen yaitu 400/380/220V.

Sebuah trafo terdiri atas sebuah “Inti *Magnetic – Magnetic Core*” yang terbuat dari susunan lembaran *silicon steel sheet* dengan tebal : 0,20mm ~ 0,27mm dan permukaannya dilapisi *silicon* yang *resistans* terhadap *magnet flux*. Pada kedua kaki Inti trafo (*Core Leg*) tergulung 2 buah kumparan (*Coil-Winding*) yang masing-masing dinamai : Kumparan Primer (*Primary Coil/Winding*) dan Kumparan Sekunder (*Secondary Coil/Winding*), kumparan primer dihubungkan dengan tegangan arus bolak-balik (AC) : V_1 , maka didalam inti (*Core*) akan terinduksi suatu medan magnet AC dengan *Magnetic Flux* yang mengalir mengelilingi inti magnet. *Flux* tersebut pasti juga akan melewati kumparan sekunder, dan menginduksi E_2 pada *Secondary Coill*, dan E_1 pada *Primary Coil*. Tegangan perbelitan ($V/N : N = \text{jumlah belitan dalam coil}$) adalah sama baik pada *Primary Coil* maupun *Secondary Coil*.

b) Lightning Arrester

Merupakan peralatan proteksi yang berfungsi sebagai penangkal petir untuk melindungi peralatan listrik dari tegangan lebih akibat surja petir.

c) Pentanahan (*Grounding*)

Pentanahan pada jaringan distribusi berfungsi untuk mengalirkan arus gangguan ke tanah baik gangguan dari sistem maupun dari luar.

d) Fused Cut Out (FCO)

Merupakan alat pengaman pada Trafo Distribusi dari arus

hubung singkat. Proteksi pada FCO ini dipasang dalam bentuk *Fuse Link* (kawat bentuk sikring) yang dapat disesuaikan dengan arus nominal pada Trafo yang terpasang.

e) Tiang

Tiang listrik merupakan salah satu komponen utama dari konstruksi jaringan distribusi dengan saluran udara.

f) Isolator

Isolator adalah suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk mengisolasi konduktor atau penghantar. Menurut fungsinya isolator dapat menahan berat dari konduktor / kawat penghantar, mengatur jarak dan sudut antar konduktor serta menahan adanya perubahan pada kawat penghantar akibat temperatur dan angin.

g) Penghantar

Dalam penggunaan penghantar disistem jaringan listrik tentunya berfungsi untuk menghantarkan arus listrik. Dalam pemilihan jenis penghantar yang akan digunakan kabel atau kawat, penghantar tersebut harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- Memiliki daya hantar yang tinggi
- Memiliki kekuatan tarik yang tinggi
- Memiliki berat jenis yang rendah
- Memiliki fleksibilitas yang tinggi
- Tidak cepat rapuh
- Ekonomis
- Jenis-jenis bahan pengantar yang digunakan yaitu:
 - Kawat logam biasa (contoh: BBC (*Bare Copper Conductor*))
 - Kawat logam campuran (contoh: AAAC (*All Aluminium Alloy Conductor*))

h) Panel Hubung Bagi Tegangan Menengah (MVMDP) (*Main Voltage Main Distribution Panel*)

Panel Hubung Bagi Tegangan Menengah atau MVMDP (*Main Voltage Main Distribution Panel*) merupakan panel yang bekerja pada tegangan menengah. Panel ini berfungsi untuk menerima *supply power* dari gardu PLN untuk didistribusikan ke Transformator tegangan menengah.

i) Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR).

Merupakan suatu kombinasi dari satu atau lebih perlengkapan hubung bagi tegangan rendah dengan peralatan kontrol, peralatan ukur, pengaman dan kendali yang saling berhubungan.

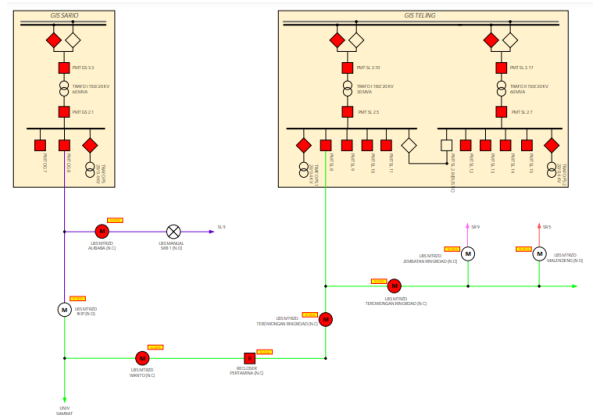
III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pengumpulan Data Beban

Data-data yang diambil merupakan hasil dari survei langsung pada Senin, 21 Juni 2021 di tiap-tiap Fakultas dan Gedung-gedung fasilitas kampus di Universitas Sam Ratulangi.

B. Data Kapasitas Daya di Universitas Sam Ratulangi

Universitas Sam Ratulangi disuplay dari 2 GIS (*Gas Insulated Swithgear*), yaitu GIS Sario dan GIS Teling.



Gambar 8 Single Line Diagram Suplay Jaringan Distribusi 20kV dari GIS Sario dan GIS Teling ke Universitas Sam Ratulangi.

(Sumber Gambar:Data dari UP2D Suluttenggo)

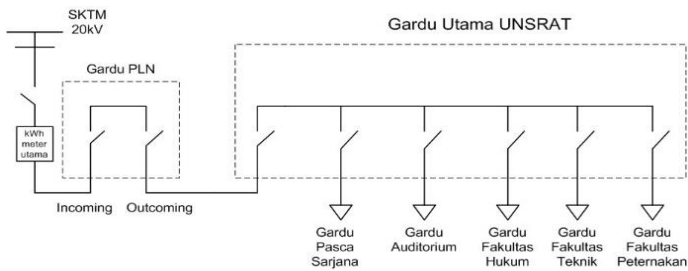
Daya yang terpasang di Universitas Sam Ratulangi yaitu sebesar 2100kVA, sedangkan total Kapasitas Trafo yang terpasang yaitu $\leq 5250kVA$.

Berikut merupakan data kapasitas trafo yang terpasang di Universitas Sam Ratulangi.

Tabel 1 Data Kapasitas Trafo yang terpasang di Universitas Sam Ratulangi.

Lokasi Gardu Terpasang	Kapasitas Trafo pada Gardu
Sebelah Gedung Pasca Sarjana	1000kVA
Depan Gedung Auditorium	1000kVA
Fakultas Hukum	1500kVA
Letter U (Fakultas Teknik)	1500kVA
Sebelah Fakultas Pertanian	250kVA

Berikut merupakan gambar Single Line Diagram Jaringan Distribusi 20kV di Universitas Sam Ratulangi.



Gambar 9 Single Line Diagram Jaringan Distribusi 20kV di Universitas Sam Ratulangi.

C. Data Jumlah kWh yang terpasang di Universitas Sam Ratulangi.

Tabel 2 Data jumlah kWh meter di Universitas Sam Ratulangi.

No.	Nama Gedung	Jumlah Gedung	Jumlah kWh Terpasang
1.	Fakultas Kedokteran	12	5
2.	Fakultas Teknik	4	4
3.	Fakultas Pertanian	8	3
4.	Fakultas Peternakan	6	3
5.	Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan	8	4
6.	Fakultas Ekonomi dan Bisnis	6	4
7.	Fakultas Hukum	5	3
8.	Fakultas Ilmu Sosial dan Politik	7	2
9.	Fakultas Ilmu Budaya	3	3
10.	Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam	9	4
11.	Fakultas Kesehatan Masyarakat	4	2
12.	Pasca Sarjana	4	2
13.	Rektorat	1	1
14.	Biro Akademik dan Kemahasiswaan	1	1

15.	Lembaga Penjaminan Mutu	1	1
16.	UPT Kearsipan	1	1
17.	Pusat Informasi dan Kewirausahaan	1	1
18.	Gedung Baru Fakultas Hukum	1	1
19.	Gedung Baru Fakultas Teknik	1	1
20.	Gedung Baru Lab Fakultas Teknik	1	1
21.	Gedung Perpustakaan	1	1
22.	Gedung PTI	1	1
23.	Gedung PKM Pertamina	1	1
24.	Gedung Poliklinik	1	1
25.	Gedung Auditorium	1	1
26.	Bank BNI	1	1
27.	Bank BRI	1	1

Jumlah dan letak kWh meter pada tiap fakultas dan gedung fasilitas kampus tidak menentu, sehingga sulit untuk memantau pemakaian energi listrik yang ada, juga sulit untuk dapat melihat besar daya yang terpasang pada tiap fakultas dan gedung fasilitas kampus tersebut.

D. Data Kapasitas Daya (VA) yang terpasang di tiap Fakultas dan Gedung Fasilitas Kampus

Tabel 3 Data Kapasitas Daya (VA) yang terpasang di tiap fakultas dan gedung fasilitas kampus.

No.	Nama Gedung	Kapasitas Daya yang terpasang (VA)
1.	Fakultas Kedokteran	368,600VA
2.	Fakultas Teknik	174,500VA
3.	Fakultas Pertanian	68,400VA
4.	Fakultas Peternakan	68,400VA
5.	Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan	91,200VA

6.	Fakultas Ekonomi dan Bisnis	121,600VA
7.	Fakultas Hukum	60,800VA
8.	Fakultas Ilmu Sosial dan Politik	30,400VA
9.	Fakultas Ilmu Budaya	68,400VA
10.	Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam	91,200VA
11.	Fakultas Kesehatan Masyarakat	53,200VA
12.	Pasca Sarjana	247,000VA
13.	Rektorat	152,000VA
14.	Biro Akademik dan Kemahasiswaan	38,000VA
15.	Lembaga Penjaminan Mutu	38,000VA
16.	UPT Kearsipan	38,000VA
17.	Pusat Informasi dan Kewirausahaan	38,000VA
18.	Gedung Auditorium	38,000VA
19.	Gedung Poliklinik	38,000VA
20.	Bank BNI	38,000VA
21.	Bank BRI	38,000VA
22.	Gedung Perpustakaan	38,000VA
23.	Gedung PTI	38,000VA
24.	Gedung PKM Pertamina	38,000VA
25.	Gedung Baru Fakultas Hukum	2,750VA
26.	Gedung Baru Fakultas Teknik	937.5VA

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa besar Kapasitas Daya (VA) yang terpasang ditiap fakultas dan Gedung fasilitas kampus sangat besar dan tidak sesuai dengan Kapasitas Trafo yang terpasang seperti yang tertera pada Tabel 1.

Berikut merupakan perhitungan besar Kapasitas Daya (VA) yang terpasang pada tiap fakultas dan gedung fasilitas kampus.

Diketahui:

Referensi tegangan 3 fasa yang digunakan merupakan standart tegangan 3 fasa di Indonesia yaitu 380V.

Untuk perhitungan Kapasitas Dayanya (VA) digunakan rumus:

$$S = V \times I$$

- 1) Fakultas Kedokteran, memiliki 5 kWh dengan masing-masing panel 3 fasa memiliki jumlah arus yang berbeda-beda, yaitu 200A, 250A, 400A, dan 2 panel dengan arus yang sama yaitu, 60A.

Maka,

$$\text{Untuk Panel A: } 380 \times 200 = 76,000\text{VA}$$

$$\text{Untuk Panel B: } 380 \times 250 = 95,000\text{VA}$$

$$\text{Untuk Panel C: } 380 \times 400 = 152,000\text{VA}$$

$$\text{Untuk Panel D dan E: } 380 \times 60 = 22,800\text{VA}$$

Jadi, total Kapasitas Daya (VA) di Fakultas Kedokteran yaitu:

$$76,000+95,000+152,000+22,800(2) = 368,600\text{VA.}$$

- 2) Fakultas Teknik, memiliki 5 kWh dengan masing-masing panel 3 fasa memiliki 4 panel dengan besar arus yang sama yaitu 100A dan 1 panel dengan besar arus 60A.

Maka,

Untuk Panel A,B,C,D : $380 \times 100 = 38,000\text{VA}$ (dikalikan jumlah banyaknya panel sebanyak 5, maka total kapasitas daya di Fakultas Teknik yaitu 152,000VA).

$$\text{Untuk Panel E : } 380 \times 60 = 22,800\text{VA.}$$

Jadi, total Kapasitas Daya (VA) di Fakultas Teknik yaitu:
 $152,000+22,800 = 174,800\text{VA.}$

- 3) Fakultas Pertanian dan Fakultas Peternakan, memiliki 3 kWh dengan masing-masing panel 3 fasa memiliki besar arus yang sama yaitu 60A.

Maka,

Untuk panel A,B dan C: $380 \times 60 = 22,800\text{VA}$ (dikalikan dengan jumlah banyaknya panel sebanyak 3, maka total kapasitas daya di Fakultas Pertanian yaitu 68,400VA).

Jadi, total Kapasitas Daya (VA) di Fakultas Pertanian yaitu:

$$68,400\text{VA.}$$

- 4) Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan dan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, memiliki 4 kWh dengan masing-masing panel 3 fasa memiliki besar arus yang sama yaitu 60A.

Maka,

Untuk panel A,B, C dan D : $380 \times 60 = 22,800\text{VA}$
(dikalikan dengan jumlah banyaknya panel sebanyak 4,
maka total kapasitas dayanya yaitu $91,200\text{VA}$).

*Jadi, total Kapasitas Daya (VA) di Fakultas Perikanan
dan Ilmu Kelautan dan Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam yaitu:*
 $91,200\text{VA}$.

- 5) Fakultas Ekonomi dan Bisnis, memiliki 4 kWh dengan masing-masing panel 3 fasa memiliki 2 panel dengan besar arus yang sama yaitu 100A dan 2 panel 60A.

Maka,

Untuk panel A dan B : $380 \times 100 = 38,000\text{VA}$ (dikalikan dengan jumlah banyaknya panel sebanyak 2, maka total kapasitas dayanya yaitu $76,000\text{VA}$).

Untuk panel C dan D : $380 \times 60 = 22,800\text{VA}$ (dikalikan dengan jumlah banyaknya panel sebanyak 2, maka total kapasitas dayanya yaitu $45,600\text{VA}$).

*Jadi, total Kapasitas Daya (VA) di Fakultas Ekonomi dan
Bisnis yaitu:*
 $76,000+45,600 = 121,600\text{VA}$.

- 6) Fakultas Hukum, memiliki 3 kWh dengan masing-masing panel 3 fasa memiliki 2 panel dengan besar arus yang sama yaitu 100A dan 1 panel dengan besar arus 60A.

Maka,

Untuk panel A dan B : $380 \times 100 = 38,000\text{VA}$ (dikalikan dengan jumlah banyaknya panel sebanyak 2, maka total kapasitas dayanya yaitu $76,000\text{VA}$).

Untuk panel C : $380 \times 60 = 22,800\text{VA}$.

Jadi, total Kapasitas Daya (VA) di Fakultas Hukum yaitu:
 $76,000+22,800 = 98,800\text{VA}$.

- 7) Fakultas Ilmu Sosial dan Politik, memiliki 2 kWh dengan masing-masing panel 3 fasa memiliki besar arus yang berbeda yaitu 60A dan 20A.

Maka,

Untuk panel A : $380 \times 60 = 22,800\text{VA}$

Untuk panel B : $380 \times 20 = 7,600\text{VA}$.

*Jadi, total Kapasitas Daya (VA) di Fakultas Ilmu Sosial
dan Politik:*
 $22,800+7,600 = 30,400\text{VA}$.

- 8) Fakultas Ilmu Budaya, memiliki 3 kWh dengan masing-masing panel 3 fasa memiliki besar arus yang berbeda-beda yaitu 100A, 60A, 20A.

Maka,

Untuk panel A : $380 \times 100 = 38,000\text{VA}$

Untuk panel B : $380 \times 60 = 22,800\text{VA}$

Untuk panel C : $380 \times 20 = 7,600\text{VA}$

*Jadi, total Kapasitas Daya (VA) di Fakultas Ilmu Budaya
yaitu:*
 $38,000+22,800+7,600 = 68,400\text{VA}$.

- 9) Fakultas Kesehatan Masyarakat, memiliki 2 kWh dengan masing-masing panel 3 fasa memiliki besar arus yang berbeda-beda yaitu 80A dan 60A.

Maka,

Untuk panel A : $380 \times 80 = 30,400\text{VA}$

Untuk panel B : $380 \times 60 = 22,800\text{VA}$

*Jadi, total Kapasitas Daya (VA) di Fakultas Kesehatan
Masyarakat yaitu:*
 $30,400+22,800 = 53,200\text{VA}$.

- 10) Gedung Pasca Sarjana, memiliki 2 kWh dengan masing-masing panel 3 fasa memiliki besar arus yang berbeda-beda yaitu 400A dan 250A.

Maka,

Untuk panel A : $380 \times 400 = 152,000\text{VA}$

Untuk panel B : $380 \times 250 = 95,000\text{VA}$

*Jadi, total Kapasitas Daya (VA) di Gedung Pasca Sarjana
yaitu:*
 $152,000+95,000 = 247,000\text{VA}$.

- 11) Gedung Rektorat, memiliki 1 kWh dengan panel 3 fasa yang memiliki besar arus 400A.

Maka,

$380 \times 400 = 152,000\text{VA}$

Jadi, total Kapasitas Daya (VA) di Gedung Rektorat yaitu:
 $152,000\text{VA}$.

- 12) Gedung Biro Akademik dan Kemahasiswaan, gedung Lembaga Penjaminan Mutu, gedung UPT Kearsipan, gedung Pusat Informasi dan Kewirausahaan, gedung Auditorium, gedung Poliklinik, gedung Bank BNI dan Bank BRI, gedung Perpustakaan, gedung PTI dan gedung PKM Pertamina, memiliki 1 kWh dengan panel 3 fasa yang memiliki besar arus yang sama yaitu 100A.

Maka,

$$380 \times 100 = 38,000\text{VA}$$

Jadi, total Kapasitas Daya (VA) di 11 gedung diatas

yaitu:

$$38,000\text{VA}.$$

IV. PERENCANAAN JARINGAN DISTRIBUSI 20KV DI UNIVERSITAS SAM RATULANGI

A. Pembagian Gardu

Dari tabel 3 didapatkan jumlah kapasitas daya (VA) yang terpasang di masing-masing fakultas dan gedung-gedung fasilitas kampus, maka pembagian gardu akan dilakukan berdasarkan beban yang ada dengan jarak dan kedekatan antar fakultas beserta gedung-gedung fasilitas kampus.

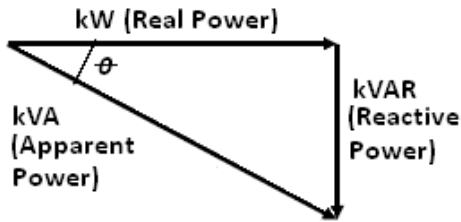
Tabel 4 Pembagian gardu berdasarkan jarak dan kedekatan antar fakultas dan gedung fasilitas kampus.

No.	Gardu (lokasi gardu yang akan di pasang)	Beban (gedung fakultas dan fasilitas kampus)	Kapasitas Daya (VA)
1.	Gardu A (Pasca Sarjana)	Gedung Pasca Sarjana	247,000VA
		Gedung Lembaga Penjaminan Mutu	38,000VA
		Fakultas Hukum	60,800VA
		Fakultas Kedokteran	368,600VA
		Fakultas Kesehatan Masyarakat	53,200VA
		Fakultas Ilmu Budaya	68,400VA
2.	Gardu B (Audit- orium)	Gedung Auditorium	38,000VA
		Gedung Poliklinik	38,000VA
		UPT Kearsipan	38,000VA

3.	Gardu C (Rekto- rat)	Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam	91,200VA
		Fakultas Pertanian	68,400VA
		Fakultas Peternakan	68,400VA
		Gedung Rektorat	152,000VA
		Gedung Biro Akademik dan Kemahasiswaan	38,000VA
		Gedung PTI	38,000VA
		Gedung Perpustakaan	38,000VA
		BANK BNI	38,000VA
		BANK BRI	38,000VA
		4.	Gardu D (Fakul- tas Tek- nik)
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan	91,200VA		
LAB MIPA	38,000VA		
Fakultas Ekonomi dan Bisnis	121,600VA		
Fakultas Ilmu Sosial dan Politik	30,400VA		
Gardu E			
5.	(Fakul- tas Pe- ternak- an)	Pompa	250kVA

B. Penentuan Kapasitas Trafo

Penentuan besar Kapasitas Trafo (VA) tidak lepas dari aturan segitiga Daya yaitu, S (VA), P (Watt) dan Q (Var).



Gambar 10 Segitiga Daya

(Sumber gambar: Jurnal Kapasitas Transformator dan kemampuan beban yang display.)

Dimana:

$$P = V \times I \times \cos \varphi \text{ (Watt)}$$

$$S = V \times I \text{ (VA)}$$

$$Q = V \times I \times \sin \varphi \text{ (Var)}$$

Bila beban resistif, sudut φ adalah 0, karena nilai Q adalah 0 maka garis S berhimpit dengan garis P, sehingga nilai S sama dengan P atau nilai VA = kW. Lain halnya kalau beban yang akan display bersifat kapasitif atau induktif. Sehingga nilai Q akan muncul, dan sudut φ akan berubah menyesuaikan dengan besar kecilnya nilai Q.

Cos φ merupakan nilai *cosinus* dari besarnya sudut yang dibentuk yang sering dikenal dengan istilah faktor daya.

Dalam pengoperasian trafo, beban hanya direkomendasikan 80% dari kapasitas trafo, maka:

$$\text{Kapasitas Trafo} = \frac{\text{Total Beban pada Gardu}}{0,8}$$

Dimana,

0,8 merupakan faktor daya dari SPLN.

Jadi,

- 1) Untuk Gardu A, memiliki beban diantaranya :

Tabel 5 Total beban pada Gardu A

Gedung Pasca Sarjana	247,000VA
Gedung Lembaga Penjaminan Mutu	38,000VA
Fakultas Hukum	60,800VA
Fakultas Kedokteran	368,600VA
Fakultas Kesehatan Masyarakat	53,200VA
Fakultas Ilmu Budaya	68,400VA
Total Beban	836,000VA (836kVA)

$$\text{Kapasitas Trafo} = \frac{836,000}{0,8}$$

$$= 1,045,000\text{VA atau } 1,045\text{kVA.}$$

Seperti yang tertera pada tabel diatas, jumlah keseluruhan beban pada Gardu A yaitu sebesar 836kVA, sedangkan besar kapasitas trafonya yaitu 1,045,000VA (disalin ke satuan kVA maka dibagi dengan 1000, jadi $\frac{1,045,000}{1000} = 1,045\text{kVA}$).

Maka, besar Kapasitas Trafo yang akan digunakan untuk Gardu A yaitu 1,250kVA.

- 2) Untuk Gardu B, memiliki beban diantaranya :

Tabel 6 Total beban pada Gardu B

Gedung Auditorium	38,000VA
Gedung Poliklinik	38,000VA
UPT Kearsipan	38,000VA
Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam	91,200VA
Fakultas Pertanian	68,400VA
Fakultas Peternakan	68,400VA
Total Beban	342,000VA (342kVA)

$$\text{Kapasitas Trafo} = \frac{342,000}{0,8}$$

$$= 427,500\text{VA atau } 427.5\text{kVA}$$

Seperti yang tertera pada tabel diatas, jumlah keseluruhan beban pada Gardu B yaitu sebesar 342kVA, sedangkan besar kapasitas trafonya yaitu 427,500VA (disalin ke satuan kVA maka dibagi dengan 1000, jadi $\frac{427,500}{1000} = 427.5\text{kVA}$).

Maka, besar Kapasitas Trafo yang akan digunakan untuk Gardu B yaitu 500kVA.

- 3) Untuk Gardu C, memiliki beban diantaranya :

Tabel 7 Total beban pada Gardu C

Gedung Rektorat	152,000VA
Gedung Biro Akademik dan Kemahasiswaan	38,000VA
Gedung PTI	38,000VA
Gedung Perpustakaan	38,000VA
BANK BNI	38,000VA
BANK BRI	38,000VA
Total Beban	342,000VA (342kVA)

$$\text{Kapasitas Trafo} = \frac{342,000}{0,8}$$

$$= 427,500\text{VA atau } 427.5\text{kVA}$$

Seperti yang tertera pada tabel diatas, jumlah keseluruhan beban pada Gardu C yaitu sebesar 427.5kVA, sedangkan besar kapasitas trafonya yaitu 427,500VA (disalin ke satuan kVA maka dibagi dengan 1000, jadi $\frac{427,500}{1000} = 427.5\text{kVA}$).

Maka, besar Kapasitas Trafo untuk Gardu C yaitu 500kVA.

4) Untuk Gardu D, memiliki beban diantaranya :

Tabel 8 Total beban pada Gardu D

Gedung Pertamina	38,000VA
Fakultas Teknik	174,500VA
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan	91,200VA
LAB MIPA	38,000VA
Fakultas Ekonomi dan Bisnis	121,600VA
Fakultas Ilmu Sosial dan Politik	30,400VA
Total Beban	493,700VA (493,7kVA)

$$\text{Kapasitas Trafo} = \frac{493,700}{0,8}$$

$$= 617,125\text{VA atau } 617.1\text{kVA}$$

Seperti yang tertera pada tabel diatas, jumlah keseluruhan beban pada Gardu D yaitu sebesar 493,7kVA, sedangkan besar kapasitas trafonya yaitu 617,125VA (disalin ke satuan kVA maka dibagi dengan 1000, jadi $\frac{541,125}{1000} = 617.1\text{kVA}$).

Maka, besar Kapasitas Trafo untuk Gardu D yaitu 630kVA.

Tabel 9 Data Hasil Perhitungan Kapasitas Trafo (VA) beserta lokasi Gardu yang telah ditentukan.

No.	Lokasi gardu yang akan dipasang	Kapasitas Trafo (VA) yang direncanakan
1.	Gardu A (Pasca Sarjana)	1,250kVA
2.	Gardu B (Auditorium)	500kVA

3.	Gardu C (Rektorat)	500kVA
4.	Gardu D (Fakultas Teknik)	630kVA

Tabel diatas merupakan hasil dari perhitungan penentuan besar Kapasitas Trafo yang akan dipasang beserta dengan lokasi gardu yang telah ditentukan.

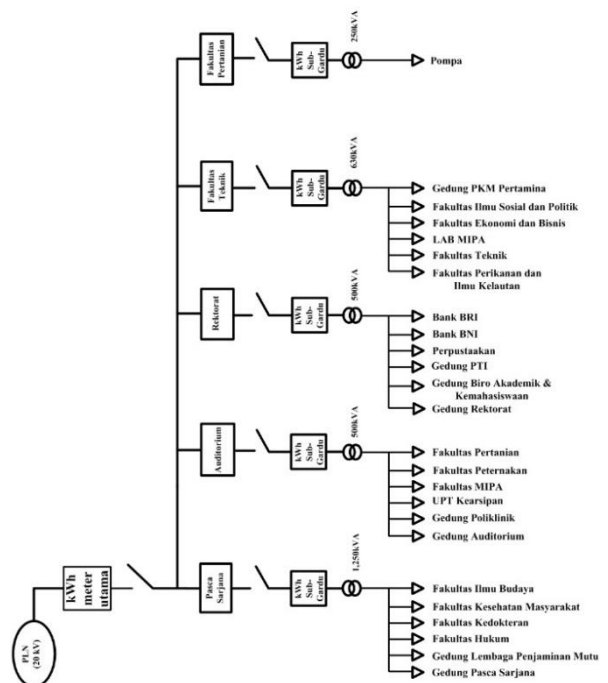
Perhitungan Kapasitas Trafo ini didasari oleh data beban yang ada di Universitas Sam Ratulangi, begitu juga dengan penentuan lokasi gardunya, yang dilakukan berdasarkan jarak dan kedekatan antar gedung fakultas dan gedung fasilitas kampus.

C. Letak kWh meter untuk tiap gardu

Berdasarkan hasil dari survey lapangan langsung, letak kWh pada Gedung-gedung yang tidak menentu dan sulit untuk dijangkau, maka, dalam Perencanaan ini letak kWh meter utama berada di Gardu utama yang berfungsi untuk memonitoring pemakaian listrik di Universitas Sam Ratulangi. Dan untuk kWh meter tiap fakultas dan Gedung-gedung fasilitas berada di dalam Sub Gardu.

Jadi masing-masing Sub Gardu memiliki bangunan atau ruangan lain dalam Sub Gardu tersebut yang berisikan kWh meter dari tiap Gedung-gedung yang disuplay.

D. Gambar Single Line Diagram



Gambar 11 Single Line Diagram Perencanaan Jaringan Distribusi 20kV di Universitas Sam Ratulangi.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan tentang Perencanaan Jaringan Distribusi 20kV di Universitas Sam Ratulangi, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Pada saat ini pemantauan pemakaian energi listrik di Universitas Sam Ratulangi tidak bisa dipantau dengan efisien dikarenakan letak kWh meter yang tidak menentu untuk tiap fakultas dan gedung fasilitas kampus.
- 2) Pada perencanaan ini letak kWh meter ditempatkan hanya di gardu agar mempermudah pemantauan pemakaian energi listrik.
- 3) Pada perencanaan ini terdapat 5 gardu yang terdiri dari 1 gardu utama sebagai pembatas dari jaringan PLN dengan jaringan internal UNSRAT dan 4 sub gardu.
- 4) Total daya terpasang di Universitas Sam Ratulangi sebesar 1,848,287.5VA atau 1,848.2875kVA, maka dalam perencanaan ini besar Kapasitas Trafo yang akan digunakan yaitu 1x1,250kVA, 2x500kVA, dan 1x630kVA (tidak termasuk trafo yang digunakan untuk pompa air di Fakultas Peternakan).

B. Saran

- 1) Perencanaan Jaringan Distribusi 20kV di Universitas Sam Ratulangi dilakukan agar letak-letak gardu listrik yang ada dapat menyuplai dengan rata sesuai dengan kapasitas trafo yang terpasang.
- 2) Perencanaan ini juga dibuat agar pemantauan dan penanganan gangguan atau pemeliharaan lebih mudah.
- 3) Penataan ulang letak kWh perlu dilakukan kembali untuk mempermudah pemantauan pemakaian energi listrik yang ada di Universitas Sam Ratulangi.
- 4) Jaringan Distribusi di Universitas Sam Ratulangi bisajuga diujikan sebagai objek praktikum mahasiswa Teknik Elektro konsentrasi Tenaga Listrik untuk menambah wawasan mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) PT PLN (Persero) Jilid IV. (2010). Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik, Buku 4: PT PLN (Persero).
- 2) Hamid, M. K., & Abubakar, S. (2016). Sistem Pentanahan Pada Transformator Distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) Area Lhokseumawe Rayon Lhoksukon. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 1(2), 13-16.
- 3) Prastyo, Y., Juningtyastuti, J., & Karnoto, K. (2015). Perencanaan Jaringan Distribusi 20kV Pada PT. Bukit Asam (Persero), TBK. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 4(3), 01-708.
- 4) Badaruddin, B., & Kiswanto, H. (2015). Studi Analisa Perencanaan Instalasi Distribusi Saluran Udara Tegangan Menengah (Sutm) 20 Kv. *Jurnal Teknologi Elektro*, 6(1), 141912.
- 5) Soares, A., & Suheta, T. (2019). Perencanaan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 Kv Di Desa Biqueli Kecamatan Atauro. *SinarFe7*, 2(1), 281-286.
- 6) Janis, V., Tuegeh, M., Lisi, F., & Tumaliang, H. (2013). Perencanaan Sistem Distribusi 20 KV Siau Tahun 2020. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 2(1).
- 7) Dewi, A. Y., & Fauzan, F. (2013). Perencanaan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20kV Pada Komlek Perkebunan AMP (Agra Masang Perkasa) Bawan Lubuk Basung. *Jurnal Teknik Elektro ITP ISSN 2252-3472*, 1(2).
- 8) Budiman, L. Perencanaan Rekonfigurasi Jaringan Distribusi 20kV di PT. PLN (Persero) Rayon Sekadau. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 1(1).
- 9) Winarko, D., & Agus Supardi, S. T. (2018). *Analisis Penentuan Kapasitas Pemutus Tenaga Sisi 20 kV Penyulang 1 pada Gardu Induk Palur* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- 10) Sandy, D. A. (2018). Studi Teknik Pengembangan Jaringan Baru Distribusi 20kV Penyulang Cargil Di Gardu Induk Manyar. *E-Link: Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, 14(1), 19-29.
- 11) Musaddik, M., & Zaini, S. (2018). Perencanaan Pembangunan Sistem Distribusi Listrik di Dusun 3 Desa Ulak Bedil Kecamatan IndraLaya Kabupaten Ogan Ilir Sumatera Selatan. (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).



Fedwina F. Syafira Lihawa

lahir pada 11 Februari 1998 di Gorontalo, pada tahun 2016 memulai pendidikan di Universitas Sam Ratulangi, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil Konsentrasi Minat Teknik Tenaga Listrik pada tahun 2018. Dalam menempuh pendidikan penulis juga pernah melaksanakan Kerja Praktek yang bertempat di PT. Jago Elfah Anugerah pada bulan Mei-Juli tahun 2019. Penulis selesai menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado pada tahun 2021, dengan judul penelitian yaitu Perencanaan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik 20kV di Universitas Sam Ratulangi.

