

Analisa Perancangan Gardu Induk 150 kV di Kabupaten Muna

Adhitya Agung Pratomo, Lily Patras, Hans Tumaliang,
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu, 95115, Indonesia
17021103004@student.unsrat.ac.id, patraslily48@gmail.com, hans.tumaliang@gmail.com

Abstract - Substations are a vital part of the electric power system, apart from generating substations, they must also be able to supply electricity reliably and safely. In this design, analysis and calculations are carried out in selection the components of the substation that will be used so that the selected components are truly capable of delivering electricity properly and safely based on the SPLN, IEC, and IEEE standards. The selection of the components of this substation has been adjusted to the calculations and these standards. So it can be concluded that the results of the design of this substation are in accordance with predetermined standards.

Keywords: Substation, Outdoor system, 150 kV

Abstrak - Gardu Induk merupakan bagian vital sistem tenaga listrik, selain membangkitkan Gardu Induk juga harus mampu menyalurkan tenaga listrik dengan handal dan aman. Dalam perancangan ini, dilakukan analisa dan perhitungan dalam memilih komponen-komponen Gardu Induk yang akan digunakan agar komponen yang dipilih benar-benar mampu menyalurkan listrik dengan baik dan aman berdasarkan Standar-standar SPLN, IEC, dan IEEE. Pemilihan komponen-komponen Gardu Induk ini telah disesuaikan dengan perhitungan dan Standar-standar tersebut. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil perancangan Gardu Induk ini telah sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

Kata Kunci : Gardu Induk, Sistem Luar Ruangan, 150 kV.

I. PENDAHULUAN

Gardu induk sebagai komponen sistem tenaga listrik memegang peranan penting pada kontinyuitas suplai tenaga listrik kepada konsumen. Dengan semakin bertambahnya permintaan konsumen listrik maka semakin besar pula beban listrik yang ditanggung oleh pembangkit. Apabila beban listrik yang ditanggung oleh pembangkit lebih besar dari kapasitas pembangkit itu tersebut maka pembangkit akan mengalami overload yang berakibat suplai listrik ke konsumen terhenti. Untuk mengatasi hal ini maka

perlu dilakukan perancangan pembangunan gardu induk.

Sistem kelistrikan yang ada di kabupaten muna pada saat ini masih di tanggung oleh satu penyuplai saja yaitu PT.PLN PLTD Raha. Dengan semakin bertambahnya permintaan konsumen listrik yang di akibatkan oleh perluasan wilayah penduduk maka PLTD Raha memerlukan bantuan penyuplai dari pembangkit lain.

Oleh karna alasan tersebut, maka penulis memiliki ide untuk mengambil judul tugas akhir “ANALISA PERANCANGAN GARDU INDUK 150 kV di KABUPATEN MUNA “ yang diharapkan dapat menyelesaikan masalah yang terjadi di Kabupaten Muna pada saat ini.

A. Teori Pendukung

1) Gardu Induk

Gardu Induk adalah sub sistem dari sistem transmisi atau penyaluran tenaga listrik. Sebagai subsistem dari sistem transmisi tenaga listrik, peranan Gardu Induk sangat besar. Jadi, pengoperasian Gardu Induk ini tidak bisa dipisahkan sama sekali dari sistem transmisi listrik.

2) Peralatan Gardu Induk

Agar gardu induk dapat menjalankan fungsi dan tujuannya, maka garduk dilengkapi dengan peralatan serta fasilitas. Secara garis besar, peralatan-peralatan pada gardu induk tersebut adalah sebagai berikut :

a) Transformator Daya

Transformator Daya berfungsi untuk mentransformasikan daya listrik, dengan merubah besaran tegangannya sedangkan frekuensinya tetap. Transformator daya juga berfungsi sebagai pengatur tegangan. Trafo daya dilengkapi oleh trafo pentanahan

yang berfungsi untuk mendapatkan titik netral dari trafo daya.



Gambar 1.1 Trafo Daya

b) *Neutral Grounding Resistance (NGR)*

Neutral Grounding Resistance (NGR) adalah komponen yang dipasang antara titik netral trafo dengan pentanahan. *Neutral Grounding Resistance (NGR)* berfungsi untuk memperkecil arus gangguan yang terjadi.



Gambar 1.2 *Neutral Grounding Resistance*

c) *Current Transformer*

Transformator Arus (CT) berfungsi untuk merubah besaran arus, dari arus yang besar ke arus yang kecil. Atau memperkecil besaran arus listrik pada sistem tenaga listrik, menjadi arus untuk sistem pengukuran dan proteksi.



Gambar 1.3 Transformator Arus

d) *Potential Transformer*

Transformator Tegangan (PT) berfungsi untuk merubah besaran tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau memperkecil besaran tegangan

listrik pada system tenaga listrik, menjadi besaran tegangan untuk pengukuran dan proteksi.



Gambar 1.4 Transformator Tegangan

e) *Pemutus Tenaga (PMT)*

Berfungsi untuk memutuskan hubungan tenaga listrik dalam keadaan gangguan maupun dalam keadaan berbeban dan proses ini harus dilakukan dengan cepat. Pemutus tenaga listrik dalam keadaan gangguan akan menimbulkan arus yang relatif besar, pada saat tersebut pemutus beban bekerja sangat berat. Bila kondisi peralatan pemutus tenaga menurun karena kurangnya pemeliharaan, sehingga tidak sesuai lagi kemampuan dengan daya yang diputuskannya, maka pemutus tenaga tersebut akan dapat rusak (meledak).



Gambar 1.5 Pemutus Tenaga (PMT)

f) *Pemisah (PMS)*

Pemilihan jenis pemisah (*disconnect switch*) ditentukan oleh lokasi, tata bangunan luar (*outdoor structure*) dan sebagainya. Pada umumnya pemisah tidak dapat memutuskan arus. Meskipun ia dapat memutuskan arus yang kecil, misalnya arus pembangkit Trafo, tetapi pembukaan atau penutupannya harus dilakukan setelah pemutus tenaga lebih dahulu dibuka. Untuk menjamin bahwa kesalahan urutan operasi tidak terjadi, maka harus ada keadaan saling mengunci (*interlock*), antara pemisah dengan pemutus bebannya.



Gambar 1.6 Pemisah (PMS)

g) *Panel Hubung*

Panel hubung (meja, *switch board*) merupakan pusat syaraf sebagai suatu GI. Pada panel hubung inilah operator dapat mengamati keadaan peralatan, melakukan operasi peralatan serta pengukuran-pengukuran tegangan dan arus, daya dan sebagainya.

Bila terjadi gangguan, panel hubung ini membuka pemutus beban secara otomatis melalui rele pengaman dan memisahkan bagian yang terganggu. Karena tegangan dan arus tidak dapat diukur langsung pada sisi tegangan tinggi, maka transformator ukur (*instrument*) mengubah menjadi tegangan dan arus rendah, sekaligus memisahkan alat-alat tadi dari sisi tegangan tinggi. Adapun tiga jenis transformator ukur yaitu transformator tegangan, transformator arus, serta transformator tegangan dan arus.



Gambar 1.7 Panel Hubung

h) *Busbar*

Rel (busbar) merupakan titik hubungan pertemuan (connecting) antara transformator daya, SUTT/ SKTT dengan komponen listrik lainnya, untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik.



Gambar 2.8 Rel (Busbar)

3) *Perencanaan Gardu Induk*

Dalam perancangan gardu induk untuk menentukan kapasitas peralatan yang akan dipakai agar sesuai dengan syarat dan ketentuan peralatan digunakan beberapa perhitungan-perhitungan untuk mendapatkan nilai dari kapasitas peralatan gardu induk yang akan di pilih.

a) *Transformator*

Transformator atau biasa disebut trafo merupakan suatu material utama gardu induk yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan baik dari sisi *high Voltage* maupun *Low Voltage*. Adapun untuk menentukan nilai kapasitas suatu trafo dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini

- Jumlah kebutuhan beban :

$$S_{total} = \text{penyulang } 1 + \dots + \text{penyulang } n \quad (1)$$

- Daya terpasang

$$\text{daya terpasang} = \text{daya semu} \times \cos\theta \quad (2)$$

- presentase beban

$$\text{presentase beban}\% = \frac{\text{daya terpakai}}{\text{daya terpasang}} \quad (3)$$

- koefisien

$$K = \frac{S}{S_r} \quad (4)$$

- Tegangan perlilitan

$$E_t = K \frac{\sqrt{S}}{3} \quad (5)$$

- fluks maksimum

$$\phi_m = \frac{E_t}{4,44 \cdot f} \quad (6)$$

- tegangan primer dan sekunder per fasa

$$V_P = \frac{\text{tegangan sisi primer}}{\sqrt{3}} \quad (7)$$

$$V_S = \frac{\text{tegangan sisi sekunder}}{\sqrt{3}}$$

- arus primer dan sekunder per fasa

$$I_P = \frac{S}{3 \cdot V_P} \quad (8)$$

$$I_S = \frac{S}{3 \cdot V_S}$$

- impedansi sumber (sisi primer)

$$X_s = \frac{kV^2}{MVA} \quad (9)$$

- impedansi sumber (sisi sekunder)

$$X_s = \frac{kV(\text{sisi sekunder trafo})^2}{kV(\text{sisi primer trafo})^2} \times X_s \quad (10)$$

- reaktansi sumber

$$X_t(\text{pada } 100\%) = \frac{kV^2}{MVA(\text{trafo})} \quad (11)$$

b) Peralatan Pelindung

Peralatan pelindung merupakan suatu komponen yang sangat penting untuk melindungi peralatan agar tidak terjadi gangguan yang tidak diinginkan. Peralatan pelindung ini terdiri dari *Arrester, Disconnecting Switch, Circuit Breaker, Potential Transformer dan Capacitive Voltage Transformer*. Untuk menentukan kapasitas peralatan pelindung yang akan digunakan dapat ditentukan dengan menghitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

- arus hubung singkat

$$I_{sc} = \frac{kVA \times 100}{Z\% \times \sqrt{3} \times \text{Tegangan Nominal}} \quad (12)$$

- arus

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times \text{Tegangan Nominal}} \quad (13)$$

II. METODE PENELITIAN

A. Prosedur Penelitian

- Mengumpulkan dan mempelajari literatur-literatur yang berhubungan dengan Analisa perancangan gardu induk 150 kV.
- Menentukan data-data atau parameter-parameter apa saja yang akan diperlukan dalam perbandingan dan perhitungan untuk menentukan rating peralatan yang akan dipakai.
- Mengumpulkan data langsung dari instansi terkait dan dari literatur yang ada.
- Mengolah data dan yang telah diperoleh berdasarkan standar yang telah ditentukan.

- Melakukan penulisan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

B. Data Teknis

Adapun data-data yang telah dikumpulkan pada penelitian ini yaitu:

1. Data penggunaan pelanggan dikabupaten muna. Dapat dilihat pada tabel I.
2. Data kelembapan udara dikabupaten muna. Dapat dilihat pada tabel II.
3. Data daya terpasang dan daya aktif pada tiap penyulang di PLTD raha. Dapat dilihat pada tabel III.

Tabel 1 Data KWH Tersalur

No	Bulan	Total kWh tersalur
1	Januari	4.328.760,1560
2	Februari	4.152.775,9580
3	Maret	4.084.224,1880
4	April	3.933.022,3620
5	Mei	4.080.789,7830
6	Juni	3.704.008,5330

Tabel 2 Data kelembapan udara dikabupaten muna

Bulan	Kelembapan udara menurut bulan di kabupaten muna								
	Minimum			Rata-rata			Maximum		
Januari	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	18	19	20	18	19	20	18	19	20
Februari	38	57	56	79	84	84	98	98,	98,
	,0	,0	,0	,0	,1	,6	,0	0	0
Maret	56	58	62	82	85	87	97	98,	10
	,0	,0	,0	,0	,5	,2	,0	0	0,0
April	63	61	40	86	86	87	98	98,	98,
	,0	,0	,0	,0	,4	,0	,0	0	0
Mei	61	57	60	86	86	86	98	99,	98,
	,0	,0	,0	,0	,6	,8	,0	0	0
Juni	57	54	52	86	87	86	97	98,	99,
	,0	,0	,0	,0	,4	,4	,0	0	0
Juni	59	54	51	87	84	85	98	98,	98,
	,0	,0	,0	,0	,5	,1	,0	0	0

Juli	55	48	49	87	81	81	98	10	98,
	,0	,0	,0	,0	,3	,1	,0	0,0	0
Agust	32	35	35	77	71	74	96	97,	97,
us	,0	,0	,0	,0	,9	,8	,0	0	0
Septe	41	28	43	76	70	77	97	98,	98,
mber	,0	,0	,0	,0	,3	,9	,0	0	0
Oktob	47	26	36	79	71	78	97	98,	97,
er	,0	,0	,0	,0	,7	,0	,0	0	0
Nove	55	39	38	82	73	80	97	97,	98,
mber	,0	,0	,0	,0	,0	,6	,0	0	0
Dese	61	51	57	84	81	84	98	99,	98,
mber	,0	,0	,0	,0	,0	,4	,0	0	0

Tabel 2 Data Penyulang di Kabupaten Muna

No	Penyulang	Beban terpasang	Beban aktif
1	Waara	3000 kVA	1845 kVA
2	Kota	4000 kVA	2697 kVA
3	Lawa	3000 kVA	2237 kVA
4	Tampo	4000 kVA	2990 kVA
5	Konawe	2000 kVA	1334 kVA
Total		25000 kVA	11103 kVA

C. Urutan Analisa Data

Setelah memperoleh data-data yang diperlukan, maka untuk selanjutnya akan dilakukan analisa data tersebut.

1. Untuk langkah pertama, melakukan analisa data untuk menentukan tipe busbar yang akan dipakai, dengan memperhatikan keuntungan dan kerugian dari tipe busbar tersebut.
2. Menghitung kapasitas trafo daya yang akan dipakai pada perancangan gardu induk 150 kV, dengan tetap memperhatikan standar perusahaan listrik nasional.
3. Menghitung arus hubung singkat untuk menentukan rating peralatan pelindung yang akan digunakan dan tetap mengikuti SPLN yang telah ditetapkan.

D. Perancangan Gardu Induk

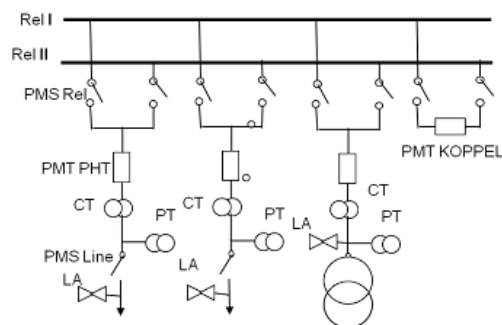
Pada perancangan gardu induk ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu penentuan tipe busbar, penentuan trafo daya, penentuan peralatan pelindung (arrester, ds, dc), dll.

Adapun pada perancangan kali ini untuk pemilihan klasifikasi gardu induk memilih gardu induk jenis konvensional (gardu induk psang luar) dengan jumlah penyulang yaitu 6. Dikarenakan jenis ini memiliki biaya yang lebih murah, operasi dan pemeliharaan mudah, mudah dibangun dan untuk waktu pembangunannya singkat.

1. Tipe Busbar

Untuk pemilihan tipe busbar dipilih tipe busbar jenis *Double Busbar* . Jenis ini dipilih karena memiliki keunggulan yaitu dapat mengurangi terjadinya pemadaman beban, khususnya pada saat melakukan perubahan system.

Pada tipe busbar ini memiliki beberapa komponen diantaranya *Arrester*, *Circuit Breaker*, *Disconnecting Switch*, *Potensial Transformer* dan *Current Transformer*. Adapun untuk melihat gambar dari jenis *Double Busbar* dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 3.1 Double Busbar

2. Trafo Daya

Trafo daya yaitu suatu peralatan penting pada sebuah gardu induk karena berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan. Adapun dalam perancangan kali ini untuk menentukan suatu besaran trafo yang akan digunakan yaitu dengan cara

menjumlahkan total daya pemakaian di tiap penyulang dengan menggunakan *persamaan 1*.

Jumlah kebutuhan beban :

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= 3000 \text{ kVA} + 4000 \text{ kVA} + 3000 \text{ kVA} + \\ &4000 \text{ kVA} + 2000 \text{ kVA} \\ &= 16000 \text{ kVA} \text{ atau } 16 \text{ MVA} \end{aligned}$$

Untuk menentukan kapasitas trafo agar dapat digunakan untuk 5-10 tahun kedepan dapat diperkirakan untuk perkembangan wilayah dapat mencapai 25 %. Jadi untuk menghitung daya yang akan digunakan yaitu total 100% kebutuhan beban ditambah 25% yaitu $= 16000 \text{ kVA} + 4000 \text{ kVA} = 20000 \text{ kVA}$ atau 20 MVA.

Dari hasil pertimbangan perancangan dan melihat sumber tegangan suplai yaitu 150 kV serta melihat kapasitas Trafo 20 MVA tidak ada di pasaran maka diambil pilihan terdekat yaitu 30 MVA.

Untuk menghitung tegangan perlilitan dapat dihitung dengan menggunakan *persamaan 2*. dimana daya nominal/daya semu 30 MVA

$$\text{daya terpasang} = 30 \text{ MVA} \times 0,8$$

$$\text{daya terpasang} = 24 \text{ MW}$$

Untuk rata-rata pemakaian 8,884 MW, sehingga untuk menghitung presentase beban dapat dihitung menggunakan *persamaan 3*. dimana daya terpasang diambil dari hasil daya terpasang.

$$\text{presentase beban} = \frac{8,884}{24}$$

$$\text{presentase beban} = 37 \%$$

Hasil presentase beban yang telah dihitung digunakan untuk menghitung nilai koefisien dengan menggunakan *persamaan 4*. dimana nilai presentase beban penuh 100%

$$K = \frac{S}{Sr}$$

$$K = \frac{37\%}{100\%}$$

$$K = 0,37$$

Untuk menghitung tegangan perlilitan dapat dihitung menggunakan *persamaan 5*.

$$E_t = 0,37 \frac{\sqrt{30000000}}{3}$$

$$E_t = 676 \text{ V/lilitan}$$

Untuk menentukan nilai fluks maksimum dapat dihitung menggunakan *persamaan.6*.

$$\phi_m = \frac{676}{4,44 \cdot 50}$$

$$\phi_m = 3,04 \text{ Wb}$$

Untuk menentukan nilai arus pada trafo dapat menggunakan *Persamaan 8*.

Untuk arus nominal 150kV

$$I = \frac{30000}{\sqrt{3} \times 150}$$

$$I = 115,4 \text{ A}$$

Untuk arus nominal 20kV

$$I = \frac{30000}{\sqrt{3} \times 20}$$

$$I = 866 \text{ A}$$

Besar reaktansi trafo tenaga 30MVA yaitu 12,5% (SPLN T3.007-2: 2016), untuk dapat mengetahui besar nilai reaktansi urutan positif, negative dan urutan nol dalam ohm, maka perlu dihitung besar nilai ohm pada 100%nya yaitu menggunakan *persamaan 11*

$$X_t(\text{pada}100\%) = \frac{20^2}{30}$$

$$X_t(\text{pada}100\%) = \frac{400}{30}$$

$$X_t(\text{pada}100\%) = 13,33 \text{ ohm}$$

Nilai reaktansi trafo tenaga :

- Reaktansi urutan positif, negative ($X_{t1} = X_{t2}$)

$$X_t = 12,5\% \times 13,33 \Omega$$

$$X_t = 1,58 \Omega$$

- Reaktansi urutan Nol (X_{t0})

$$X_{t0} = 3 \times X_t$$

$$X_{t0} = 3 \times 1,58$$

$$X_{t0} = 4,74 \Omega$$

3. Peralatan Pelindung

Dalam gardu induk peralatan pelindung merupakan suatu komponen yang sangat penting yaitu berfungsi sebagai proteksi. adapun peralatan proteksi yang ada pada gardu induk yaitu *Arrester, Circuit Breaker, Disconnecting Switch, Potensial Transformer dan Potensial Transformer*.

Untuk menentukan arus hubung singkat pada sisi tegangan 150kV dapat dihitung menggunakan persamaan 12.

$$I_{sc} = \frac{30000 \times 100}{12,5 \times \sqrt{3} \times 150}$$

$$I_{sc} = 923 A \approx 1 KA$$

Sedangkan untuk menentukan arus hubung singkat pada sisi tegangan 20kV dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 12.

$$I_{sc} = \frac{30000 \times 100}{12,31 \times \sqrt{3} \times 20}$$

$$I_{sc} = 6928 A \approx 7 KA$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAAN

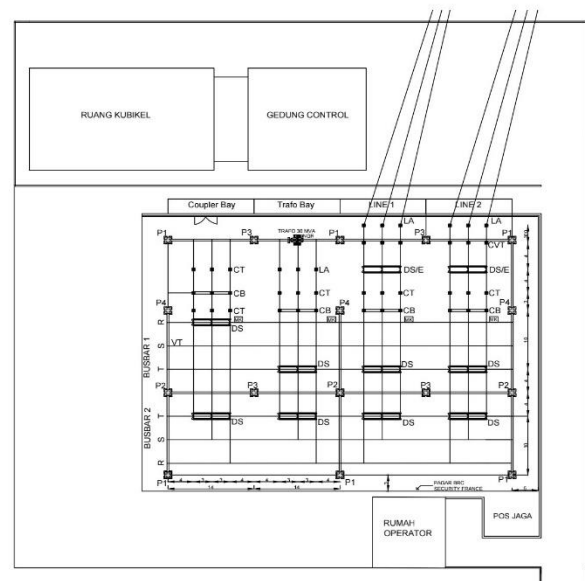
Dalam perancangan gardu induk 150 kV di Kabupaten Muna perlu memperhatikan beberapa aspek seperti besar kapasitas peralatan yang akan

dipakai serta kondisi lingkungan, maka untuk itu telah dilakukan beberapa perhitungan untuk mendapatkan nilai-nilai besaran spesifikasi peralatan yang akan dipakai serta memperhatikan SPLN dan IEC untuk menentukan spesifikasi peralatan tersebut.

A. Layot Gardu Induk

Berdasarkan dengan penjelasan dalam dasar teori mengenai tipe-tipe busbar yang ada pada gardu induk maka dalam perancangan kali ini telah ditentukan tipe busbar yang akan dipakai yaitu *Double Busbar*. Dimana alasan pemilihan tipe ini yaitu dikarenakan tipe ini sangat efektif untuk mengurangi terjadinya pemadaman beban, khususnya pada saat melakukan perubahan sistem (Manuver Sistem)

Pada tipe busbar ini memiliki beberapa komponen diantaranya *Arrester, Circuit Breaker, Disconnecting Switch, Potensial Transformer dan Current Transformer*. Dimana untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 4.1 Layout Gardu Induk

B. Penentuan Trafo Daya

Dalam penentuan spesifikasi trafo daya yang akan dipakai telah dilakukan beberapa perhitungan serta telah mengikuti SPLN T3.007 untuk penentuan rating trafo yang akan digunakan. Pada perancangan

kali ini trafo yang akan digunakan memiliki sistem pendingin ONAN/OFAF dikarenakan iklim yang ada di tempat perancangan merupakan area tropis jadi lebih efisiensi jika menggunakan sistem pendingin kombinasi ini menggunakan sirkulasi minyak dan udara secara alami dan buatan terletak didalam dan diluar trafo.

Hasil perhitungan perencanaan trafo daya 3 fasa dengan spesifikasi sebagai berikut :

Daya	: 30 MVA
Tegangan primer	: 150 kV
Tegangan sekunder	: 20 kV
Frekuensi	: 50 Hz
Reaktansi	: 12,5%

C. Penentuan Arrester

Untuk penentuan jumlah arrester yang akan digunakan dapat diketahui dengan melihat tipe busbar yang akan digunakan dan mengikuti (SPLN T5.007 : 2014). Adapun untuk tipe *Arrester* yang akan digunakan yaitu *Silicon Rubber/ Porcelin*. untuk jumlah arrester yang akan digunakan yaitu 9 pcs. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Rencana penentuan arrester

No	Rencana pemasangan	Jumlah	Nilai arus pelepasan	Tegangan
1	Line 1	3 buah	10 kA	150 kV
2	Line 2	3 buah	10 kA	150 kV
3	Trafo	3 buah	10 kA	150 kV

D. Penentuan Circuit Breaker

Berdasarkan perhitungan besaran CB dan (SPLN 1.1995 – 3.5) untuk tegangan tinggi yaitu 150 kV dan (SPLN 1.1995 – 3.4) untuk tegangan menengah maka untuk pemilihan CB bisa didapatkan. Adapun untuk jumlah CB yang akan di pakai dapat ditentukan dengan melihat tipe busbar yang dipakai dan total penyulang yang ada. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Rencana Penentuan *Circuit Breaker*

No	Rencana pemasangan	Tipe	Nilai arus	
			hubung singkat	Tegangan
1	Line 1	SF6	12,5 kA	150 kV
2	Line 2	SF6	12,5 kA	150 kV
3	Trafo	SF6	12,5 kA	150 kV
4	Couple	SF6	12,5 kA	150 kV
5	Incoming	ACB	12,5 kA	20 kV
6	Penyulang 1	ACB	12,5 kA	20 kV
7	Penyulang 2	ACB	12,5 kA	20 kV
6	Penyulang 3	ACB	12,5 kA	20 kV
7	Penyulang 4	ACB	12,5 kA	20 kV
8	Penyulang 5	ACB	12,5 kA	20 kV
9	Penyulang 6	ACB	12,5 kA	20 kV

E. Disconnecting Switch

Penentuan spesifikasi *Disconnecting Switch* didasari dari hasil perhitungan besaran arus hubung singkat dan standar PLN. *Disconnecting Switch* ini berfungsi sebagai pemisah pada suatu rangkaian Teknik yang tidak berbeban. Sehingga untuk spesifikasi dan jumlah serta penempatan *Disconnecting Switch* yang akan di rancang dapat dilihat pada tabel 3.3

Tabel 3.3 Rencana penentuan *Disconnecting Switch*

No	Rencana pemasangan	Nilai arus hubung singkat	Tegangan
1	Line 1	12,5 kA	150 kV
2	Line 2	12,5 kA	150 kV
3	Trafo	12,5 kA	150 kV
4	Couple	12,5 kA	150 kV
5	Incoming	12,5 kA	20 kV
6	Penyulang 1	12,5 kA	20 kV
7	Penyulang 2	12,5 kA	20 kV
6	Penyulang 3	12,5 kA	20 kV
7	Penyulang 4	12,5 kA	20 kV
8	Penyulang 5	12,5 kA	20 kV
9	Penyulang 6	12,5 kA	20 kV

F. Current Transformer

Dalam menentukan besaran spesifikasi *Current Transformer* yang akan digunakan telah dilakukan perhitungan dan mengikuti (SPLN T3.003-1:2011) untuk tegangan 150 kV dan (SPLN D3.014-1:2009) untuk tegangan 20 kV. Adapun jumlah dan penempatan Trafo arus yang akan dipakai dapat dilihat pada tabel 3.4

Tabel 3.4 Penentuan Ttafo Arus

No	Rencana pemasangan	Arus	Frekuensi	Tegangan
1	Line 1	400/5 A	50 Hz	150 kV
2	Line 2	400/5 A	50 Hz	150 kV
3	Trafo	400/5 A	50 Hz	150 kV
4	Couple	400/5 A	50 Hz	150 kV
5	Incoming	1500/5 A	50 Hz	20 kV
6	Penyulang 1	1500/5 A	50 Hz	20 kV
7	Penyulang 2	1500/5 A	50 Hz	20 kV
6	Penyulang 3	1500/5 A	50 Hz	20 kV
7	Penyulang 4	1500/5 A	50 Hz	20 kV
8	Penyulang 5	1500/5 A	50 Hz	20 kV
9	Penyulang 6	1500/5 A	50 Hz	20 kV

G. Potensial Transformer

Pemilihan trafo tegangan yaitu memilih jenis *Capacitive Voltage Transformer* dikarenakan tegangan sumber yang lebih besar dari 110 kV yaitu sbesar 150 kV. Jenis ini juga akan sangat ekonomis jika digunakan sekaligus untuk pengiriman sinyal melalui konduktor transmisi, yaitu sinyal komunikasi data, sinyal audio dan sinyal kendali jarak jauh. Adapun untuk spesifikasi peralatan yang telah ditentukan lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.5

Tabel 3.5 Penentuan *Capacitive Voltage Transformer*

No	Rencana pemasangan	Tegangan Sekunder	Frekuensi	Tegangan Primer
1	Line 1	150 kV/ $\sqrt{3}$	50 Hz	100 V/ $\sqrt{3}$
2	Line 2	150 kV/ $\sqrt{3}$	50 Hz	100 V/ $\sqrt{3}$
3	Trafo	150 kV/ $\sqrt{3}$	50 Hz	100 V/ $\sqrt{3}$
4	Couple	150 kV/ $\sqrt{3}$	50 Hz	100 V/ $\sqrt{3}$
5	Busbar Penyulang	20 kV/ $\sqrt{3}$	50 Hz	100 V/ $\sqrt{3}$

H. Analisa Hasil Perancangan

Berdasarkan hasil perhitungan dan menimbang dari SPL didapatkan untuk besar kapasitas trafo daya yang akan digunakan yaitu 30 MVA . untuk tipe busbar yang akan digunakan yaitu tipe *Double Busbar* dimana pada tipe ini memiliki beberapa peralatan penting seperti *Arrester*, *Circuit Breaker*, *Disconnecting Switch*, *Potensial Transformer* dan *Current Transformer*. Dimana untuk penentuan peralatan telah disesuaikan dengan melihat kondisi lingkungan dan mengikuti SPLN.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Nilai perhitungan yang didapat lebih kecil dibanding spesifikasi peralatan yang ada dipasaran sehingga untuk penentuan peralatan diambil nilai terdekat dan didasari dengan SPLN yang ada.

2. Dari hasil perhitungan didapatkan trafo yang akan dipakai yaitu trafo 30 MVA.
3. Tipe busbar yang akan terpakai yaitu *Double Busbar*.
4. Untuk arrester berkapasitas 10KA, CB 12,5 KA, DC 12,5 KA, CT 400/5 A, PT $150/\sqrt{3}$

B. Saran

1. Dari hasil Analisa yang saya lakukan kiranya dapat menjadi referensi dalam sebuah perencanaan pembangunan gardu induk.
2. Untuk peralatan pendukung lainnya dapat dilakukan penelitian lebih lanjut dan lebih mendalam agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

C. KUTIPAN

- [1] Arismunandar, Artono, Teknik Tegangan Tinggi. Jakarta. Pradnya Paramita.
- [2] Arismunandar, A. & Kuwahara, S., Teknik Tenaga Listrik. Jilid III Gardu Induk.
- [3] Crianto, Elan & Supriyatna & Muljono, Agung Budi. (2020). Analisa
- [4] Koodinasi Isolasi di Gardu Induk Kuta Terhadap Tegangan Lebih Akibat Sambaran Petir Pada Saluran Transmisi 150KV. Jurnal Teknik Elektro Universitas Mataram.
- [5] Kadir, Abdul. Transmisi Tenaga Listrik. Edisi Refisi UIP.
- [6] Lukman, Tono. (2012). Studi Perencanaan Saluran Transmisi 150KV. Surabaya.
- [7] Santosa, Julius & Gunawan, Samuel Marco. (2013). Analisa Perancangan Gardu Induk Sitem Outdoor 150KV di Talasa, kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Jurnal dimensi Teknik elektro.
- [8] Standar Perusahaan umum Listrik Negara D5.006: 2013. Pedoman Pemilihan Arrester Untuk Jaringan Distribusi 20 kV.
- [9] Standar Perusahaan umum Listrik Negara T3.003: 2007. Desain Gardu Induk 150 kV Konvensional.
- [10] Standar Perusahaan umum Listrik Negara T3.003-1: 2011. Pedoman Pemilihan Transformator Arus Untuk Sistem Transmisi.

- [11] Standar Perusahaan umum Listrik Negara T3.007: 2016. Spesifikasi Trasformator Tenaga.
- [12] Standar Perusahaan umum Listrik Negara T5.007: 2014. Spesifikasi Arrester Untuk Jaringan Transmisi 66 kV, 150 kV, 275 kV, dan 500 kV.
- [13] Sumarsono, Heru. (2009). Analisa Perhitungan Jarak Antar Kawat dan Clearance Saluran Transmisi Udara. Jurnal Teknik Elektro Undip.
- [14] Tobing, Bonggas L., Peralatan Tegangan Tinggi Edisi Kedua. Penerbit Erlangga.
- [15] Yusmartato & Parinduri, Luthfi. Pembangunan Gardu Induk 150KV di Desa Parbab Dolok Kecamatan Pangururan Kabupaten Samosir. Jurnal Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatra Utara.

TENTANG PENULIS



Penulis bernama lengkap Adhitya Agung Pratomo, anak pertama dari dua bersaudara Zhaky Ryandika (adik) dari pasangan suami istri Dedi Suharji (Ayah) dan Muatika Sari Siharis (Ibu). Lahir di Raha 7 Juli 1999. Sebelum menempuh jenjang pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, penulis telah menempuh pendidikan secara berturut-turut di SD Negeri 13 Katobu (2005-2011), SMP Negeri 2 Raha (2011-2014), SMA Negeri 1 Raha (2014-2017). Pada tahun 2017, penulis memulai pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado di Jurusan Teknik Elektro, dengan mengambil konsentrasi minat Tenaga Listrik. Dalam menempuh pendidikan, penulis aktif dalam beberapa kegiatan di dalam dan luar kampus terutama dalam kegiatan di Laboratorium Teknik Tenaga Listrik UNSRAT dan UKM Olahraga Teknik UNSRAT. Pada tahun 2020 penulis melaksanakan Kerja Prakterk di PT PLN (persero) Sentral PLTD Raha. Penulis selesai melaksanakan pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi pada bulan November 2021.