

SKRIPSI

**STUDI KELAYAKAN SISTEM PENGAMAN GARDU DISTRIBUSI
PENYULANG PAGARUYUNG PT PLN (Persero) UNIT LAYANAN
PELANGGAN (ULP) BATUSANGKAR**

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan strata satu (S.1)
di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat*



Oleh:

Rizki Ananda

191000220201019

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

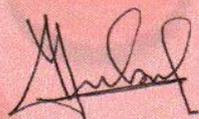
**STUDI KELAYAKAN SISTEM PENGAMAN GARDU DISTRIBUSI
PENYULANG PAGARUYUNG PT PLN (Persero) UNIT LAYANAN
PELANGGAN (ULP) BATUSANGKAR**

Oleh:

Rizki Ananda

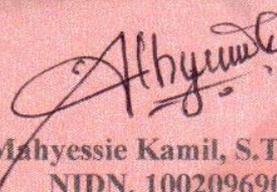
191000220201019

Dosen Pembimbing I,



**Ir. Yulisman, M.T
NIDN. 8808220016**

Dosen Pembimbing II,



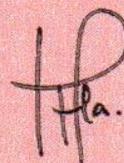
**Mahyessie Kamil, S.T., M.T
NIDN. 1002096901**

**Dekan Fakultas Teknik UM
Sumatera Barat,**




**Masril, S.T., M.T
NIDN. 1005057507**

**Ketua Program Studi Teknik
Elektro,**



**Aggrivina Dwiharzandis, S.Pd., M.T
NIDN. 1009019401**

LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 12 Agustus 2023 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 16 Agustus 2023
Mahasiswa,

Rizki Ananda
191000220201019

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal 16 Agustus 2023

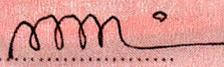
1. Ir. Yulisman, M.T

1. 

2. Mahyessie Kamil, S.T., M.T

2. 

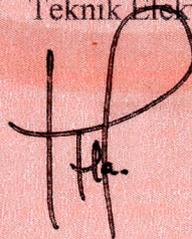
3. Ir. Budi Santoso, M.T

3. 

4. Herris Yamashika, S.T., M.T

4. 

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Elektro



Aggrivina Dwiharzandis, S.Pd., M.T
NIDN. 1009019401

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : RIZKI ANANDA
Tempat dan tanggal Lahir : Padang Ganting, 14 Mei 1993
NIM : 191000220201019
Judul Skripsi : **Studi Kelayakan Sistem Pengaman Gardu Distribusi Penyulang Pagaruyung PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Batusangkar.**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 16 Agustus 2023
Yang membuat pernyataan



Rizki Ananda
Rizki Ananda
191000220201019

ABSTRAK

Listrik merupakan sebuah bentuk energi yang dapat dikonversikan menjadi bentuk energi lain seperti panas, cahaya, magnet, dan lain-lain. Dalam menyalurkan energi listrik, gardu distribusi merupakan salah satu komponen yang terpenting. Gardu distribusi digunakan untuk mengubah sumber tegangan tiga fasa menjadi satu fasa atau mengubah tegangan masukan sebesar 20 kV menjadi tegangan keluaran sebesar 220 / 380 V yang biasa digunakan pada peralatan listrik di Indonesia umumnya. Permasalahan yang muncul dan mendasar pada gardu distribusi adalah bagaimana mutu dari sebuah gardu distribusi. Pengaman yang tidak sesuai dengan ketentuan atau standar banyak ditemukan pada gardu distribusi, salah satunya adalah penggunaan pengaman keluaran trafo *step-down NH-Fuse* yang tidak seragam bahkan melebihi batas standar yang ditentukan, sehingga menyebabkan *Fuse Cut Out (FCO)* akan bekerja memutus jaringan listrik dan membuat keandalan dari sebuah gardu distribusi menurun. Dalam penelitian ini akan dilihat *rating NH Fuse* dan *Fuse Link* pada *Fuse Cut Out (FCO)* yang digunakan pada setiap gardu Penyulang Pagaruyung serta evaluasi pengaman gardu. Jenis penelitian yang digunakan yakni kuantitatif yang bertujuan untuk melihat *Rating NH Fuse* dan *Fuse Link* pada *Fuse Cut Out (FCO)* yang digunakan pada setiap jurusan gardu Penyulang Pagaruyung serta evaluasi pengaman gardu dari setiap gardu di penyulang Pagaruyung. Beberapa gardu di Penyulang Pagaruyung terdapat beberapa *Fuse Link* dan *NH Fuse* yang terpasang tidak sesuai dengan SPLN D3.026:2017. Beberapa gardu di Penyulang Pagaruyung pemasangan *Fuse Link* pada *Fuse Cut Out (FCO)* terdapat pemasangan yang tidak sesuai dan beberapa pemasangan *Fuse Link* yang melebihi hasil perhitungan. Hal tersebut terjadi karena kurang ketersediaan *Fuse Link* di unit layanan PLN.

Kata Kunci : Gardu Distribusi, *Fuse Link*, *NH Fuse*

ABSTRAK

Electricity is a form of energy that can be converted into other forms of energy such as heat, light, magnetism, and others. In distributing electrical energy, the distribution substation is one of the most important components. The distribution substation is used to convert a three-phase voltage source into a single phase or change the input voltage of 20 kV to an output voltage of 220 / 380 V which is commonly used in electrical equipment in Indonesia in general. The problem that arises and is fundamental to the distribution substation is how the quality of a distribution substation. Safeguards that do not comply with the provisions or standards are often found in distribution substations, one of which is the use of non-uniform NH-Fuse step-down transformer output protection that even exceeds the specified standard limit, causing the Fuse Cut Out (FCO) to work to cut off the electricity network and make the reliability of a distribution substation decrease. In this study, we will look at the NH Fuse and Fuse Link ratings on the Fuse Cut Out (FCO) used at each Pagaruyung Feeder substation and evaluate the safety of the substation. The type of research used is quantitative which aims to look at the NH Fuse and Fuse Link Ratings on the Fuse Cut Out (FCO) used in each direction of the Pagaruyung Feeder substation and evaluate the safety of the substations from each substation in the Pagaruyung feeder. Several substations in Pagaruyung Feeder have several Fuse Links and NH Fuse installed that are not in accordance with SPLN D3.026:2017. Several substations in Pagaruyung, with the Fuse Link installation on the Fuse Cut Out (FCO) were incorrectly installed and several Fuse Link installations exceeded the calculation results. This happened due to the lack of Fuse Link availability in PLN service units.

Keywords: *Distribution Substation, Fuse Link, NH Fuse*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikan-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Orang tua, kakak, dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang;
2. Bapak Masril, ST, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
3. Bapak Hariyadi, S.kom., M.kom., selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
4. Aggrivina Dwiharzandis, S.Pd.MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
5. Bapak Hariyadi, S.kom., M.kom., selaku Dosen Pembimbing Akademik;
6. Bapak Ir. Yulisman, MT, selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
7. Bapak/Ibu Mahyessie Kamil ST, MT., selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
8. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
9. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa teknik sipil.

Bukittinggi, 12 Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
HALAMAN ABSTRAK	v
HALAMAN KATA PENGANTAR	vii
HALAMAN DAFTAR ISI	viii
HALAMAN DAFTAR TABEL	xi
HALAMAN DAFTAR GAMBAR	xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan Masalah	2
1.3	Batasan Masalah	2
1.4	Tujuan dan Manfaat Penelitian	
	2.4.1 Tujuan penelitian	2
	2.4.2 Manfaat penelitian	2
1.5	Sistematika Penulisan	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Penelitian Sebelumnya	4
2.2	Penelitian Terkait	
	2.2.1 Sistem Proteksi Tenaga Listrik	6
	2.2.2 Keandalan	7
	2.2.3 Sistem Pendistribusian Tenaga Listrik	8
	2.2.4 Sistem Distribusi Tenaga Listrik	10
	2.2.5 Gangguan pada Jaringan Distribusi	13
2.3	Gardu Distribusi	14
	2.3.1 Jenis Gardu Distribusi	15

2.3.2	Komponen Gardu	16
2.4	Komponen PHB – TR	26

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Lokasi Penelitian	29
3.2	Data Penelitian	29
3.3	Metode Analisis Data	29
3.4	Waktu Penelitian	30
3.5	Bagan Alir Penelitian	31

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1	Perhitungan Ukuran <i>Fuse Link</i> dan Ukuran <i>NH Fuse</i>	
4.1.1	Analisa Ukuran <i>Fuse Link</i> dan <i>NH Fuse</i> pada Trafo Distribusi 50 kVA Satu Jurusan dengan Nomor G47T.....	35
4.1.2	Analisa Ukuran <i>Fuse Link</i> dan <i>NH Fuse</i> pada Trafo Distribusi 100 kVA Dua Jurusan dengan Nomor G139T.....	36
4.1.3	Analisa Ukuran <i>Fuse Link</i> dan <i>NH Fuse</i> pada Trafo Distribusi 200 kVA Tiga Jurusan dengan Nomor G190T.....	37
4.1.4	Analisa Ukuran <i>Fuse Link</i> dan <i>NH Fuse</i> pada Trafo Distribusi 160 kVA Tiga Jurusan dengan Nomor G 61T.....	39
4.1.5	Analisa Ukuran <i>Fuse Link</i> dan <i>NH Fuse</i> pada Trafo Distribusi 100 kVA Tiga Jurusan dengan Nomor G189T.....	40
4.1.6	Analisa Ukuran <i>Fuse Link</i> dan <i>NH Fuse</i> pada Trafo Distribusi 50 kVA Dua Jurusan dengan Nomor G226T.....	41

4.1.7 Analisa Ukuran <i>Fuse Link</i> dan <i>NH Fuse</i> pada Trafo Distribusi 50 kVA Dua Jurusan dengan Nomor G203T.....	43
4.1.8 Analisa Ukuran <i>Fuse Link</i> dan <i>NH Fuse</i> pada Trafo Distribusi 100 kVA Dua Jurusan dengan Nomor G315T.....	44
4.1.9 Analisa Ukuran <i>Fuse Link</i> dan <i>NH Fuse</i> pada Trafo Distribusi 50 kVA Dua Jurusan dengan Nomor G53T.....	45
4.1.10 Analisa Ukuran <i>Fuse Link</i> dan <i>NH Fuse</i> pada Trafo Distribusi 50 kVA Dua Jurusan dengan Nomor B G302T.....	47
4.1.11 Analisa Ukuran <i>Fuse Link</i> dan <i>NH Fuse</i> pada Trafo Distribusi 50 kVA dua Jurusan dengan Nomor G191T.....	48
4.1.12 Analisa Ukuran <i>Fuse Link</i> dan <i>NH Fuse</i> pada Trafo Distribusi 50 kVA dua Jurusan dengan Nomor G154T.....	49
4.2 Evaluasi Pengaman Gardu Dari Setiap Gardu Di Penyulang Pagaruyung	51

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	61

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penelitian Sebelumnya	4
Tabel 2.2	Bahan Pembuatan <i>Fuse Link</i>	18
Tabel 3.1	Jadwal pelaksanaan penelitian	30
Tabel 3.2	<i>Flawchart</i> Penelitian	32
Tabel 3.3	Tabel Inspeksi Gardu	33
Tabel 4.1	Ukuran <i>Fuse Link</i> dan Ukuran <i>NH Fuse</i> Berdasarkan Hasil Pencarian Rumus.....	51
Tabel 4.2	Evaluasi <i>Fuse Link</i> dan <i>NH Fuse</i>	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Distribusi Tenaga Listrik	8
Gambar 2.2	Sistem Radial	11
Gambar 2.3	Sistem <i>Ring/Loop</i>	12
Gambar 2.4	Sistem <i>Spindle</i>	12
Gambar 2.5	Sistem <i>Mesh</i>	13
Gambar 2.6	Gardu Distribusi	14
Gambar 2.7	Konstruksi Gardu Portal	15
Gambar 2.8	Konstruksi Gardu Cantol	16
Gambar 2.9	Konstruksi FCO	17
Gambar 2.10	Grafik Karakteristik <i>Fuse Link</i> tipe K	20
Gambar 2.11	Grafik Karakteristik <i>Fuse Link</i> tipe T	21
Gambar 2.12	<i>Fuse Link</i>	21
Gambar 2.13	<i>Lightning Arrester</i>	22
Gambar 2.14	Transformator	23
Gambar 2.15	PHB TR	23
Gambar 2.16	<i>NH Fuse</i>	24
Gambar 2.17	Karakteristik <i>NH-Fuse</i>	25
Gambar 2.18	Kerangka PHB – TR	26
Gambar 2.19	Komponen PHB – TR	26
Gambar 3.1	<i>Flawchart</i> penelitian	31
Gambar 3.2	<i>Single line</i> diagram gardu penyulang Pagaruyung	34
Gambar 4.1	PHT-BR 50 kVA 1 jurusan	55
Gambar 4.2	PHT-BR 100 kVA 2 jurusan	56
Gambar 4.3	PHT-BR 200 Kva 3 jurusan	57
Gambar 4.4	PHT–BR 50 kVA 2 jurusan	58
Gambar 4.5	PHT-BR 50 Kva 2 jurusan	59
Gambar 4.6	PHT-BR 50 Kva 2 jurusan	60

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan sebuah bentuk energi yang dapat dikonversikan menjadi bentuk energi lain seperti panas, cahaya, magnet, dan lain-lain. Konversi energi listrik sendiri dapat diartikan sebagai penggunaan energi listrik dengan efisien tinggi melalui langkah-langkah penurunan berbagai rugi-rugi (loss) energi listrik pada semua taraf pengolahan, mulai dari pembangkitan, pengiriman (transmisi), sampai dengan pemanfaatan.

Di zaman sekarang dengan banyak berkembangnya teknologi membuat manusia sangat bergantung pada energi, khususnya energi listrik. Dalam menyalurkan energi listrik, gardu distribusi merupakan salah satu komponen yang terpenting. Gardu distribusi digunakan untuk mengubah sumber tegangan tiga fasa menjadi satu fasa atau mengubah tegangan masukan sebesar 20 kV menjadi tegangan keluaran sebesar 220 V yang biasa digunakan pada peralatan listrik di Indonesia umumnya. Gardu distribusi juga digunakan untuk menghubungkan jaringan listrik dari pusat pembangkitan listrik kepada konsumen atau pelanggan listrik.

Permasalahan yang muncul dan mendasar pada gardu distribusi adalah bagaimana mutu dari sebuah gardu distribusi. Dalam upaya meningkatkan mutu dari sebuah gardu distribusi perlu mengevaluasi keadaan dari sebuah sistem kelistrikan, agar diharapkan dapat mengantisipasi gangguan yang terjadi pada sistem distribusi yang jika gangguan tersebut tidak diatasi dengan tepat maka akan memperpendek umur komponen pada sebuah gardu distribusi.

Pengaman yang tidak sesuai dengan ketentuan atau standar banyak ditemukan pada gardu distribusi, salah satunya adalah penggunaan pengaman keluaran trafo step-down *NH-Fuse* yang tidak seragam bahkan melebihi batas standar yang ditentukan. Keadaan tersebut dapat menyebabkan kenaikan daya trafo sehingga *Fuse Cut Out* (FCO) akan bekerja memutus jaringan listrik dan membuat keandalan dari sebuah gardu distribusi menurun.

Salah satu aset PLN yang menjadi bagian dari sorotan penelitian ini adalah mengenai Gardu Penyulang Pagaruyung GH Batusangkar PT. PLN (Persero) ULP Batusangkar. Ada banyak macam-macam proteksi, salah satunya adalah *NH Fuse* dan *Fuse Cut Out (FCO)*.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka penelitian rating *NH Fuse* dan *Fuse Link* pada *Fuse Cut Out (FCO)* serta evaluasi pengaman gardu dari setiap gardu di Penyulang Pagaruyung diharapkan bisa memberikan kontribusi atau masukan bagi PT. PLN (persero) untuk pengamanan gardu di masa yang akan datang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Menentukan Rating *NH Fuse* dan *Fuse Link*.
- b. Mengetahui penyebab putus *Fuse Cut Out (FCO)*.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan ini tidak menyimpang dari topik yang telah ditentukan maka penulis memberi batasan masalah sebagai berikut :

- a. Pengaman gardu hanya dibatasi *NH Fuse* dan *Fuse Link*.
- b. Gardu yang akan di studi Penyulang Pagaruyung.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana cara menentukan rating *NH Fuse* dan *Fuse Link* pada *Fuse Cut Out (FCO)* ?
- b. Bagaimana kondisi sistem pengaman dari setiap gardu di Penyulang Pagaruyung ?

1.4.2 .Manfaat penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Dapat mengetahui cara menentukan rating *NH Fuse* dan *Fuse Link* pada *Fuse Cut Out (FCO)*.

- b. Sebagai bahan masukan untuk memberikan pertimbangan mengenai pengamanan gardu dari setiap gardu di penyulang Pagaruyung.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan untuk memudahkan pemahaman pembaca dalam mengambil inti yang terdapat pada skripsi ini, maka skripsi ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang pengambilan tema, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan sumber bacaan, teori-teori baik dari buku, jurnal dan hasil-hasil penelitian yang terkait dengan permasalahan dan tujuan yang diangkat dalam skripsi ini. Termasuk didalamnya dijelaskan penelitian relevan yang pernah dilakukan sebelumnya serta perbedaan dengan penelitian yang dilakukan penulis.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang rencana dan prosedur penelitian yang dilakukan oleh penulis untuk memperoleh jawaban yang sesuai dengan permasalahan dan tujuan penelitian. Diantaranya penjelasan lokasi penelitian, data penelitian, metode analisis data serta bagan alir penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya.

Dalam penulisan skripsi ini penulis menemukan peneliti terdahulu yang relevan dengan pembahasan yang dapat dijadikan referensi dan acuan dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

Tabel. 2.1 Penelitian Sebelumnya

No	Nama	Tahun	Judul	Saran
1	Irgi A Fahrezi1, Liliana	2021	Studi Kelayakan Pengaman <i>Input-Output</i> Trafo Distribusi Fuse <i>Cut Out</i> (FCO) dan <i>NH Fuse</i> di Area Payakumbuh	Pemasangan <i>NH Fuse</i> dan <i>Fuselink</i> sesuai Standar.
2	Dian Fath Ashari, Ruslan L, Alimin	2021	Analisis Gangguan Gardu Distribusi Di PT PLN (Persero) ULP Watang Sawitto	Untuk mengatasi gangguan gardu distribusi GOT CN yang menyebabkan sering terjadinya pemadaman listrik di BTN Graha Lasinrang perlu dilakukan penyetaraan pada beban yang dilayani seperti melakukan penyeimbangan beban atau gardu sisipan dan melakukan pemeliharaan rutin pada gardu distribusi.

3	L YUDA Aji Pratama	2022	Analisis Reting <i>NH Fuse</i> sebagai pengaman tegangan pada PHT-BR di PT PLN Persero ULP Singaraja	Perlu dilakukan penggantian NH fuse pada terpasang gardu distribusi BR 007 dari 250 A menjadi 63 A agar pengamanan pada jaringan tegangan rendah lebih baik ketika terjadi gangguan.
---	--------------------------	------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.2 Penelitian Terkait

Pada penelitian ini akan dilakukan studi literatur untuk mencari landasan acuan teori yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Referensi teori dapat berasal dari buku dan jurnal ilmiah.

Sistem tenaga listrik merupakan sebuah jaringan yang saling terhubung dimana jaringan tersebut berguna untuk menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkitan hingga ke pengguna. Sebuah sistem tenaga listrik memiliki tingkat serangan atau kegagalan yang cukup tinggi, oleh karena itu sangat diperlukan adanya suatu sistem pengaman jaringan tersebut. Ada banyak jenis sistem pengamanan jaringan listrik seperti rele proteksi, rele arus lebih, rele tegangan, rele diferensial, rele urutan fasa negatif, rele daya balik, rele jarak, pemutus tenaga, dan transformator arus.

Sebuah sistem distribusi merupakan salah satu bagian terpenting dalam sebuah sistem tenaga listrik. Pada sistem distribusi berguna untuk menyalurkan tegangan listrik dari sumber pembangkit hingga ke konsumen. Listrik yang dihasilkan oleh sebuah pembangkit listrik berkisar antara 11 KV hingga 24 KV yang kemudian masuk ke gardu induk dan di naikan tensiangannya dengan menggunakan transformator step-up sehingga tegangan keluaran dari trafo tersebut menjadi 70 KV, 154 KV, 220 KV, atau 500 KV barulah masuk ke saluran sistem transmisi.

Sebuah sistem distribusi akan dimulai dari gardu induk (GI) yang mana tegangan tinggi akan diturunkan menjadi tegangan menengah 20 KV yang biasa disebut tegangan distribusi primer. Tengan listrik tersebut akan mengalir melalui penyulang-penyulang berupa saluran udara ataupun saluran kabel bawah tanah.

Pada penyulang-penyulang terdapat gardu-gardu distribusi. Gardu distribusi ini berfungsi sebagai penurun tegangan distribusi primer menjadi tengangan distribusi sekunder atau tengangan rendah yang sebesar 220 V. Pelanggan yang tersambung dengan jaringan tegangan rendah (JTR) harus melalui saluran rumah (SR). Kemudian dari saluran rumah, listrik akan melewati alat pembatas dan pengukur (APP) yang akan membatasi daya yang bisa digunakan oleh konsumen dan mengukur pemakaian energi listrik konsumen.

2.2.1 Sistem Proteksi Tenaga Listrik

Secara umum sistem proteksi ialah cara untuk mencegah atau membatasi kerusakan peralatan terhadap gangguan, sehingga kelangsungan penyaluran tenaga listrik dapat di pertahankan. Rele proteksi ialah susunan peraltan yang di rencanakan untuk dapat merasakan adanya ketidak normalan pada peralatan atau bagian sistem tenaga listrik dan segera secara otomatis memberi perintah untuk membuka pemutus tenaga untuk memisahkan peralatan atau bagian dari sistem yang terganggu dan memberi isyarat berupa lampu dan bel.

Rele proteksi dapat merasakan atau melihat adanya gangguan pada peralatan yang di gunakan dengan mengukur dan membandingkan besaran-besaran yang diterima, misalnya arus, tegangan, daya, frekuensi, dan impedansi dengan besaran yang telah di tentukan, kemudian mengambil keputusan untuk seketika ataupun dengan perlambatan waktu membuka pemutus tenaga. Pemutus tenaga umumnya dipasang pada generator, transformator daya, saluran transmisi, saluran distribusi dan sebagiannya supaya masing-masing bagian sistem dapat dipisahkan sedemikian rupa sehingga sistem lainya tetap dapat beroperasi.

Proteksi Sistem Tenaga Listrik merupakan sistem pengamanan yang dipasang pada peralatan tenaga listrik seperti proteksi pada generator, transformator, dan saluran transmisi yang berguna untuk meminimalisir kerusakan yang terjadi pada peralatan tenaga listrik akibat kondisi abnormal dari operasi sistem tersebut.

Fungsi penggunaan dari sistem proteksi adalah sebagai berikut :

- a. Mencegah kerusakan peralatan listrik akibat gangguan atau kondisi operasi yang tidak normal.
- b. Mengurangi kerusakan peralatan listrik akibat gangguan atau kondisi operasi yang abnormal.
- c. Memperkecil daerah yang terganggu.
- d. Memberikan keandalan dan mutu yang tinggi pada pelayanan konsumen.
- e. Mengamankan manusia dari bahaya listrik.

2.2.2 Kendalan

Keandalan Ada tiga aspek dalam keandalan :

a. *Dependability*

Yaitu tingkat kepastian bekerjanya (keandalan kemampuan bekerjanya). Pada prinsipnya pengaman harus dapat diandalkan bekerjanya (dapat mendeteksi dan melepaskan bagian yang terganggu), tidak boleh gagal berkerja. Dengan kata lain perkataan *dependability*-nya harus tinggi.

b. *Security*

Yaitu tingkat kepastian untuk tidak salah berkerja (keandalan untuk tidak salah kerja). Salah kerja adalah kerja yang semestinya tidak harus berkerja, misalnya karena lokasi gangguan dari luar kawassan pengamananya atau sama sekali tidak ada gangguan atau kerja yang terlalu cepat atau terlalu lambat.

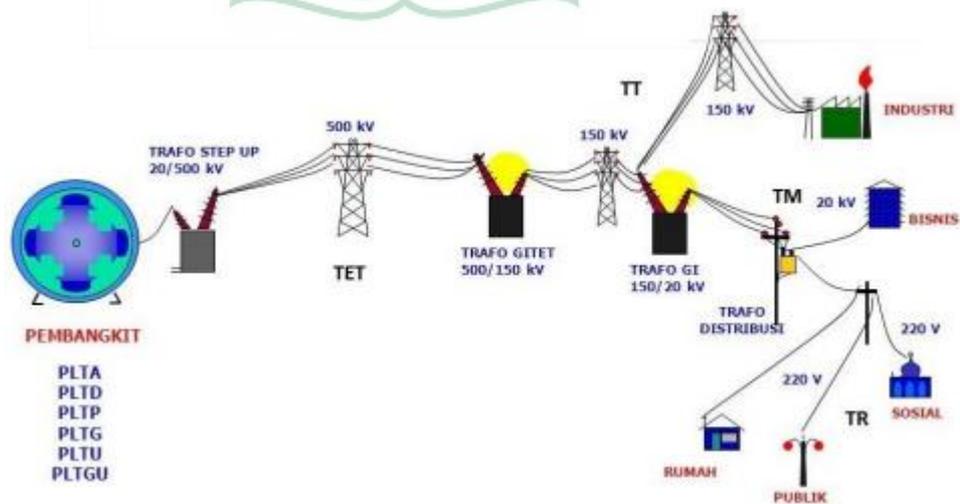
Salah kerja mengakibatkan pemadaman yang sebenarnya tidak perlu terjadi. Jadi pada prinsipnya pengaman tidak boleh salah berkerja, dengan lain perkataan *security*-nya harus tinggi.

c. *Availability*

Yaitu perbandingan antara waktu dimana pengaman dalam keadaan berfungsi/siap kerja dan waktu total dalam operasinya. Dengan relay elektromekanis, jika rusak/tak berfungsi, tidak diketahui segera. Baru di ketahui dan di perbaiki atau di ganti. Disamping itu, sistem proteksi yang baik juga dilengkapi dengan kemampuan mendeteksi terputusnya sikrit trip, sikrit sekunder arus, sirkit sekunder teganganserta hilangnya tegangan serta hilangnya tegangan searah (DC *voltage*), dan memberikan alarm sehingga bisa di perbaiki, sebelumm kegagalan proteksi

2.2.3 Sistem Pendistribusian Tenaga Listrik

Sistem Distribusi Tenaga Listrik Sistem distribusi tenaga listrik adalah bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan energi listrik dari pembangkit ke pelanggan atau konsumen.



Gambar 2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik ini mempunyai dua fungsi utama yaitu :

- 1) Sebagai pembagi atau penyalur tenaga listrik ke konsumen.
- 2) Sebagai sub sistem dari tenaga listrik yang berhubungan langsung dengan konsumen.

Pembangkit listrik dapat menghasilkan tegangan yang cukup besar, antara 11 KV sampai dengan 24 KV. Lalu tegangan yang dihasilkan dari pembangkit listrik akan dinaikan oleh gardu induk (GI) dengan menggunakan transformator sehingga tegangan menjadi 70 KV, 154 KV, 220 KV, atau 500 KV yang akan disalurkan menuju ke saluran transmisi. Dari saluran transmisi ini tegangan akan diturunkan menjadi 20 KV dengan menggunakan trafo penurun tegangan yang terletak pada gardu induk (GI). Dengan adanya sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Setelah itu tegangan akan diturunkan menjadi 220 KV atau 2380 KV oleh trafo yang ada pada gardu induk distribusi. Selanjutnya akan disalurkan oleh saluran distribusi sekunder kepada konsumen – konsumen. Sistem distribusi ini merupakan bagian yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik.

Umumnya pada sistem distribusi tenaga listrik dibedakan menjadi dua bagian yaitu :

- 1) Jaringan distribusi primer

Jaringan distribusi primer merupakan jaringan tenaga listrik yang berfungsi menyalurkan daya listrik dari gardu induk subtransmisi ke gardu distribusi. Jaringan ini merupakan jaringan tegangan menengah atau jaringan tegangan primer. Pada jaringan ini biasanya menggunakan enam jenis jaringan yaitu jaringan sistem radial dan sistem tertutup atau *loop*, *ring network*, *spindel*, dan *cluster*.

- 2) Jaringan distribusi sekunder

Jaringan distribusi sekunder merupakan sistem distribusi yang berfungsi menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke konsumen atau pelanggan. Jaringan ini menggunakan tegangan rendah

sebagaimana halnya pada jaringan distribusi primer. Jaringan distribusi sekunder merupakan jaringan yang dekat dan berhubungan dengan konsumen atau sering disebut jaringan tegangan rendah. Pada saluran distribusi sekunder bentuk saluran yang sering digunakan adalah sistem radial. Sistem ini sering disebut dengan sistem tegangan rendah karena langsung terhubung ke konsumen tenaga listrik, melalui peralatan seperti berikut :

- a. PHB atau disebut dengan panel hubung bagi pada trafo distribusi.
- b. Hantaran tegangan rendah pada (saluran distribusi sekunder).
- c. SLP disebut dengan saluran layanan pelanggan menuju ke konsumen.
- d. Pengukur daya (KWH meter) dan alat pembatas, serta fuse pada pelanggan.

2.2.4 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Saluran distribusi adalah saluran yang berfungsi untuk menyalurkan tegangan dari gardu distribusi ke trafo distribusi ataupun trafo pemakaian sendiri bagi konsumen besar. Sistem distribusi daya listrik meliputi semua Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV dan semua Jaringan Tegangan Rendah (JTR) 380/220 Volt hingga ke meter-meter pelanggan.

Setiap elemen jaringan distribusi pada lokasi tertentu dipasang trafo-trafo distribusi, dimana tegangan distribusi 20 kV diturunkan ke level tegangan yang lebih rendah menjadi 380/220 Volt. Dari trafo-trafo ini kemudian para pelanggan listrik dilayani dengan jaringan tegangan rendah sampai ke konsumen.

Tipe sistem jaringan distribusi ada beberapa bentuk yaitu :

a. Sistem Radial

Merupakan jaringan sistem distribusi primer yang sederhana dan murah biaya investasinya. Pada jaringan ini arus yang paling besar adalah yang paling dekat dengan Gardu Induk.

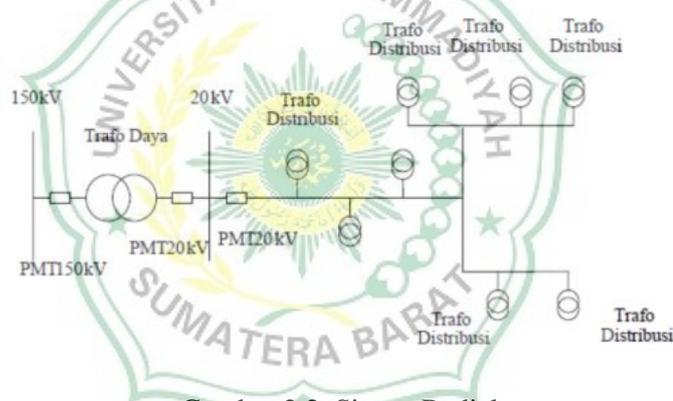
Tipe ini dalam penyaluran energi listrik kurang handal karena bila terjadi gangguan pada penyulang maka akan menyebabkan terjadinya pemadaman pada penyulang tersebut.

Secara Sederhana Sistem Radial Mempunyai Kelebihan dan Kekurangan :

- Kelebihan
- 1) Lebih Murah Biaya Investasinya
 - 2) Lebih Sederhana Pengendalian dan Sistemnya

Kekurangan :

- 1) Kualitas Listrik Kurang Baik
- 2) Jika Mengalami gangguan pada satu titik maka titik yang lain tidak akan teraliri listrik.



Gambar 2.2 Sistem Radial

b. Sistem Ring/Loop

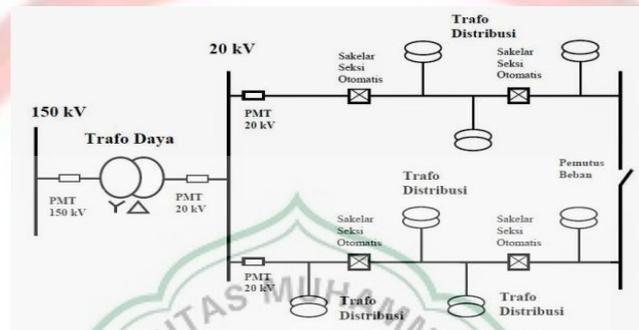
Tipe ini merupakan jaringan distribusi primer, gabungan dari dua tipe jaringan radial dimana ujung kedua jaringan dipasang PMT. Pada keadaan normal tipe ini bekerja secara radial dan pada saat terjadi gangguan PMT dapat dioperasikan sehingga gangguan dapat terlokalisir. Tipe ini lebih handal dalam penyaluran tenaga listrik dibandingkan tipe radial namun biaya investasi lebih mahal.

Secara Sederhana Sistem *Loop* Mempunyai Kelebihan dan Kekurangan:
Kelebihan :

- 1) Kualitas Listrik Lebih Baik/Handal.
- 2) Jika Mengalami gangguan pada satu titik maka titik yang lain dapat di Aliri listrik dari PMT yang Lain.

Kekurangan :

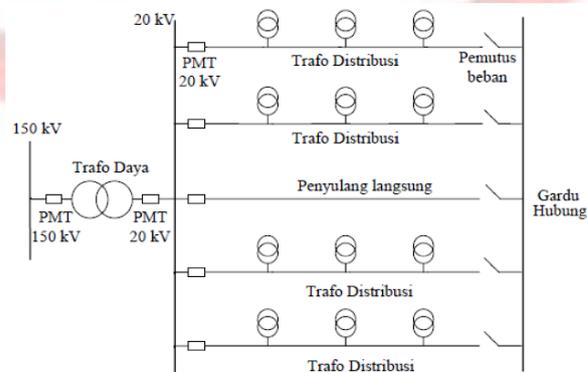
- 1) Lebih Mahal Biaya Investasinya.
- 2) Lebih Rumit Pengendalian dan Sistemnya.



Gambar 2.3 Sistem *Ring/Loop*

c. **Sistem *Spindle***

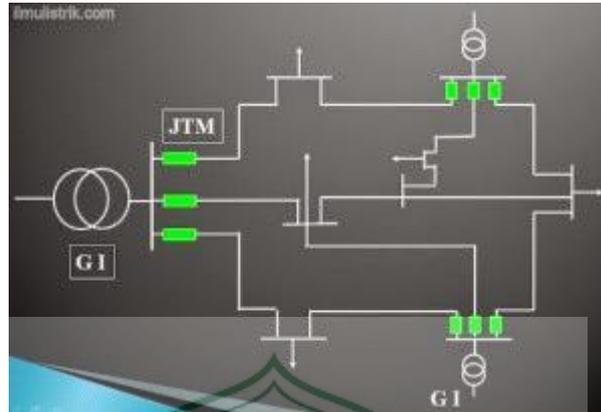
Jaringan ini merupakan jaringan distribusi primer gabungan dari struktur radial yang ujung-ujungnya dapat disatukan pada gardu hubungan terdapat penyulang ekspres. Penyulang ekspres (*express feeder*) ini harus selalu dalam keadaan bertegangan, dan siap terus menerus untuk menjamin bekerjanya system dalam menyalurkan energi listrik ke beban pada saat terjadi gangguan atau pemeliharaan. Dalam keadaan normal tipe ini beroperasi secara radial.



Gambar 2.4 Sistem *Spindle*

d. Sistem Mesh

Struktur jaringan distribusi primer ini dibentuk dari beberapa Gardu Induk yang saling dihubungkan sehingga daya beban disuplai oleh lebih dari satu gardu Induk dibandingkan dengan dua tipe sebelumnya, tipe ini lebih handal dan biaya investasi lebih mahal.



Gambar 2.5 Sistem Mesh

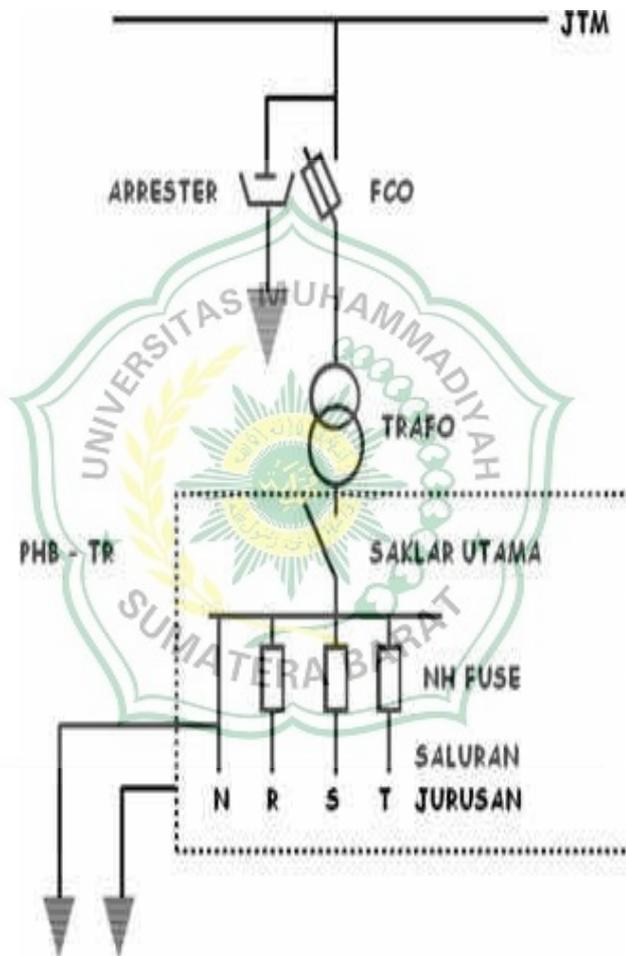
2.2.5 Gangguan Pada Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan/ konsumen. Ditinjau dari volume fisiknya jaringan distribusi pada umumnya lebih panjang dibandingkan dengan jaringan transmisi dan jumlah gangguannya (sekian kali per 100 km pertahun) juga paling tinggi dibandingkan jumlah gangguan pada saluran-saluran transmisi. Jaringan distribusi seperti diketahui terdiri dari jaringan distribusi tegangan menengah (JTM) dan jaringan distribusi tegangan rendah (JTR).

Gangguan yang sering terjadi pada saluran distribusi 20 kV dibagi menjadi dua macam yaitu gangguan yang berasal dari dalam sistem berupa kegagalan yang diakibatkan gagal fungsi dari peralatan listrik pada suatu jaringan dan gangguan yang berasal dari luar sistem seperti gangguan yang disebabkan oleh sentuhan pohon pada saluran distribusi, sambaran petir, manusia, hewan, cuaca dan lain sebagainya.

2.3 Gardu Distribusi

Gardu distribusi adalah suatu bangunan gardu listrik yang terdiri dari instalasi panel Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM), Trafo distribusi, dan panel Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) beserta system proteksinya (FCO, *Arrester*, Rel, *Headbump*, dan lain-lain), untuk memasok kebutuhan daya listrik para pelanggan baik dengan Tegangan Menengah (TM 20 kV) maupun Tegangan Rendah (TR 220/380).



Gambar 2.6 Gardu Distribusi

2.3.1 Jenis Gardu Distribusi

a. Gardu Portal

Gardu portal adalah gardu trafo yang secara keseluruhan instalasinya dipasang pada 2 buah tiang atau lebih.



Gambar 2.7 Konstruksi Gardu Portal

b. Gardu Cantol

Gardu Cantol adalah gardu trafo yang secara keseluruhan instalasinya dipasang pada satu tiang.



Gambar 2.8 Konstruksi Gardu Cantol

2.3.2 Komponen Gardu

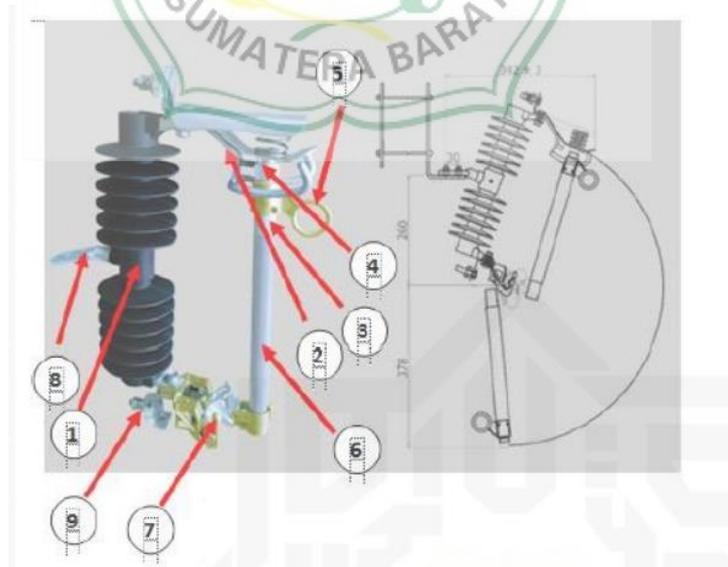
a. Fuse Cut Out (FCO)

Fuse Cut Out adalah sebuah alat pengamanan yang berfungsi melindungi jaringan listrik terhadap arus beban lebih atau over load current yang mengalir melebihi batas kemampuan maksimum, disebabkan oleh gangguan hubung singkat (*short circuit*) atau arus lebih (*over load*).

Konstruksi dari sebuah FCO sangat sederhana jika dibandingkan dengan pemutus beban (CB) yang terdapat pada gardu induk (GI). FCO memiliki kemampuan sama dengan pemutus beban (CB), tetapi FCO hanya dapat memutus satu jaringan kawat sehingga jika digunakan pada sistem tiga fasa membutuhkan tiga FCO. Hal ini disebabkan FCO hanya terdiri dari sehelai kawat dimana kawat tersebut sudah disesuaikan agar dapat bekerja atau putus pada keadaan tertentu. Bahan yang digunakan pada kawat FCO biasanya adalah perak, tembaga, ataupun seng.

Prinsip kerja *fuse cut out* (FCO) pada sistem distribusi adalah prinsip kerja melebur, yang terjadi karena arus yang melewatinya melebihi batas arus nominal. Pemilihan kawat FCO didasari oleh faktor lumer yang rendah dan memiliki daya hantar tinggi. Faktor lumer dapat ditentukan dengan melihat karakteristik bahan tersebut. Kawat yang digunakan pada FCO umumnya adalah perak, karena perak memiliki resistensi yang rendah dan titik lebur yang rendah. Kawat ini dipasang pada bagian dalam tabung porselin yang diisi dengan pasir putih yang digunakan sebagai pemadam busur api, dan menghubungkan kawat tersebut pada kawat fasa, sehingga arus dapat mengalir melaluinya.

Berikut adalah konstruksi *Fuse Cut Out* (FCO)



Gambar 2.9 Konstruksi *Fuse Cut Out* (FCO)

Keterangan gambar:

1. Isolator Porselin
2. Kontak Tembaga (Perak)
3. Alat Pemadam Busur
4. Tutup yang dapat dilepas (kuningan)
5. Mata Kait (brons)
6. Tabung Pelebur (resin)
7. Penggantung (kuningan)
8. Klem Pemegang (baja)
9. Klem Terminal (kuningan)

Fuse Cut Out (FCO) mempunyai dua karakteristik yaitu:

1. Pengaman, yaitu hubungan antara arus hubung singkat simetri atau asimetri dengan arus pemutusan pelebur (*arus cut out*).
2. Pencairan (*melting*) dan pemutusan (*clearing*), yaitu hubungan antara arus gangguan dengan waktu mulai mencair dan pemutusan fuse.

Ada dua tipe karakteristik *fuse* yang banyak digunakan yaitu :

1. *Fuse Link* tipe pemutusan cepat (K) waktu lebur 6-8 detik.
2. *Fuse Link* tipe pemutusan lambat(T) waktu lebur 10-13 detik.

Perbedaan kedua tipe ini ada pada kecepatan pemutusannya. Perbedaan tersebut karena keduanya memiliki bahan pembuatan yang berbeda. Berikut merupakan data bahan pembuatan *fuse link*.

Tabel 2.2 Bahan Pembuatan *Fuse Link*

No	Jenis Logam	Titik Lebur (oC)	Resistansi Spesifik ($\mu\Omega/cm$)
1	Tembaga	1090	1,7
2	Aluminium	665	2,8
3	Perak	980	1,6
4	Timah	240	11,2
5	Seng	419	6,0

Fuse Cut Out (FCO) merupakan sebuah alat pemutus rangkaian listrik yang berbeban pada jaringan distribusi yang bekerja dengan cara meleburkan bagian dari komponennya yang telah dirancang khusus dan disesuaikan ukurannya untuk itu. Perlengkapan *fuse* ini terdiri dari sebuah rumah, pemegang *fuse*, dan *fuse link* sebagai pisau pemisahannya. Untuk menentukan *Fuse link* pada FCO Menggunakan persamaan 2.1 di bawah ini.

$$Fuse\ Link = \frac{Kapabilitas\ transformator\ (KVA)}{\sqrt{3} \times Tegangan\ TM\ (V)}$$

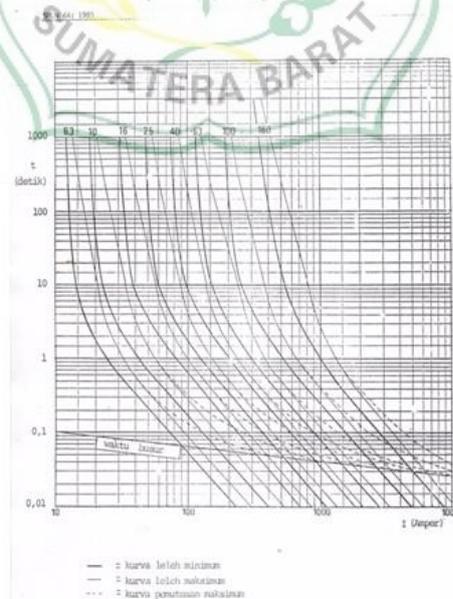
Prinsip kerja Penggunaan *fuse cut out* yang merupakan bagian terlemah didalam jaringan distribusi. karena *fuse cut out* yang digunakan hanya berupa sehelai kawat yang memiliki penampang disesuaikan dengan besarnya arus maksimum untuk mengalir di dalam kawat tersebut. Faktor lumer dan ditentukan oleh temperature bahan tersebut. Biasanya bahan-bahan yang digunakan untuk *fuse cut out* ini adalah kawat perak, kawat tembaga, kawat seng, kawat timbel atau kawat paduan dari bahan-bahan tersebut. *Fuse cut out* dari bahan kawat yang sering digunakan adalah kawat logam perak, dengan adanya logam perak yang paling rendah dan titik lebur yang rendah.

Caranya dengan memasangkan kawat di dalam tabung porselin yang diisi dengan pasir putih sebagai pemadam busur api, selanjutnya dihubungkan kawat tersebut pada kawat fasa, sehingga arus mengalir melaluinya. Sistem distribusi mempunyai prinsip kerja melebur pada *fuse cut out*, agar *fuse cut out* dilewati oleh arus maka akan melebihi batas arus nominalnya. *Fuse cut out* dapat dipasang setelah ABSW (*Air Breaker Switch*) dan LBS (*Load Break Switch*) untuk memproteksi feeder dari hubung singkat yang dipasang secara seri dengan jaringan yang akan dilindungi, *fuse cut out* dapat ditemukan di setiap transformator.

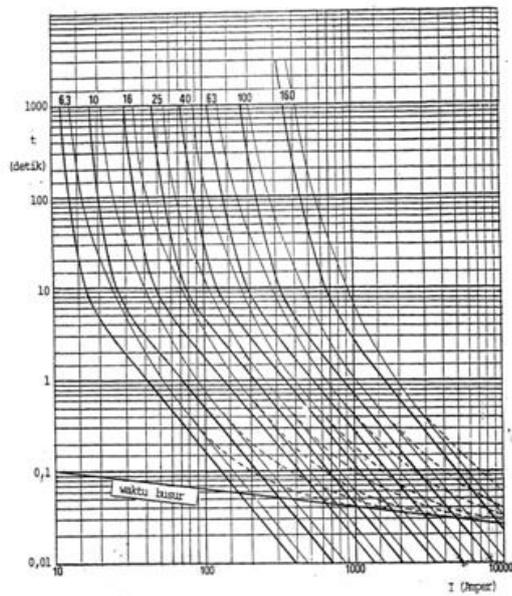
Umur pada *fuse cut out* tergantung arus yang melaluinya. Bila arus melalui *fuse cut out* tersebut melebihi batas maksimum, maka umur *fuse cut out* lebih pendek. Mengenai pemasangan *fuse cut out* pada jaringan distribusi hendaknya yang memiliki kemampuan lebih besar dari kualitas

tegangan jaringan, lebih kurang tiga sampai lima kali arus nominal. *Fuse cut out* biasanya ditempatkan sebagai pengaman transformator distribusi, dan pengaman pada cabang-cabang saluran feeder yang menuju ke jaringan distribusi sekunder.

Bilamana ada arus yang melebihi beban atau melampaui batas maksimum yang diperkenankan, kawat perak yang terdapat di tabung porselin akan putus, dapat membahayakan arus segera dihentikan. apabila kawat yang akan putus maka terjadi busur api, segera dipadamkan oleh pasir dalam tabung porselin. Yang di dalam tabung porselin udaranya sangat kecil timbulnya ledakan pasti akan berkurang karena diredam oleh pasir putih. Akibat tabung porselin yang sudah panas dapat menimbulkan sebagian besar akan diserap oleh pasir putih tersebut. Apabila kawat perak yang sudah menjadi lumer tenaga arus yang didapatkan melebihi maksimum, maka kawat akan hancur pada waktu itu. Gaya hantakan keluar dari tabung porselin akan terlempar keluar dari kontakannya. Terlepasnya tabung porselin dapat berfungsi sebagai saklar pemisah, maka peralatan jaringan distribusi akan terhindar dari arus hubung singkat. Berikut ini grafik karakteristik *Fuse Link*.



Gambar 2.10 Grafik Karakteristik *Fuse Link* tipe K



Gambar 2.11 Grafik Karakteristik *Fuse Link* Tipe T

Cara menentukan *Fuse Link* adalah dengan persamaan sebagai berikut:

$$Fuse\ Link = \frac{Kapasitas\ Trafo\ (KVA)}{Tegangan\ TM\ (V) \times \sqrt{3}} \text{ (Ampere)} \quad \text{Pers.....(2.1)}$$

Dimana ;

Kapasitas Trafo = Kemampuan Pembebanan trafo

Tegangan TM = Tegangan menengah (20KVA)



Gambar 2.12 *Fuse Link*

b. *Lightning Arrester*

Lightning arrester adalah suatu alat pengaman yang berfungsi untuk melindungi jaringan dan peralatannya terhadap tegangan lebih abnormal yang terjadi karena sambaran petir (*flash over*) dan karena surja hubung (*switching surge*) di suatu jaringan. *Lightning arrester* ini memberi kesempatan yang lebih besar terhadap tegangan lebih abnormal untuk dilewatkan ke tanah sebelum alat pengaman ini merusak peralatan jaringan seperti transformator dan isolator.



Gambar 2.13 *Lightning Arrester*

c. **Transformator**

Transformator merupakan alat yang berperan penting dalam sistem distribusi. Transformator distribusi mengubah tegangan menengah menjadi tegangan rendah. Sebagaimana halnya dengan komponen-komponen lain dari rangkaian distribusi, rugi-rugi energi dan turun tegangan yang disebabkan arus listrik yang mengalir menuju beban. Sehingga harus dilakukan penentuan untuk pemilihan dan lokasi transformator.



Gambar 2.14 Transformator

d. Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah

Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB TR) adalah Perlengkapan Hubung Bagi yang di pasang pada sisi TR atau sisi sekunder Trafo sebuah gardu Distribusi baik Gardu beton, Gardu kios, Gardu portal maupun Gardu cantol.

PHB-TR berfungsi untuk mengamankan Trafo Distribusi dari arus lebih yang disebabkan karena hubung singkat pada jaringan tegangan rendah maupun karena beban lebih.



Gambar 2.15 PHB TR

Pada PHB-TR terdapat pengaman *Nieder Spannung Hoch Leistung Fuse (NH Fuse)* atau sekring. *NH Fuse* adalah komponen pengaman kelistrikan yang berfungsi sebagai pengaman arus lebih dan hubung singkat. Sebenarnya *NH Fuse* memiliki fungsi yang sama dengan *fuse* lainnya, yang membedakannya hanya pada kapasitasnya, *NH Fuse* dapat digunakan untuk tegangan menengah atau untuk pengaman arus yang besar. *NH Fuse* sering digunakan sebagai pengaman untuk trafo pada tiang listrik tegangan menengah.

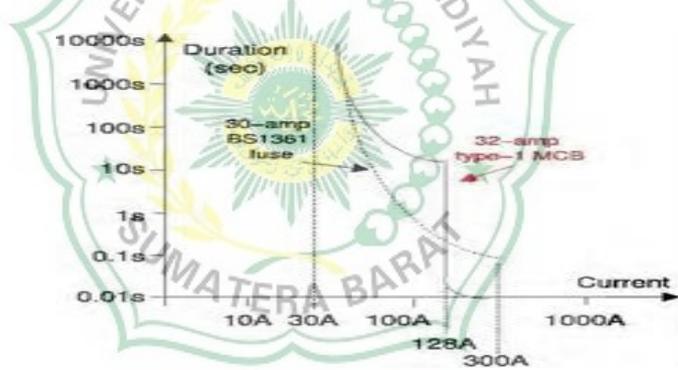
Didalam *NH Fuse* terdapat kawat lebur yang berfungsi sebagai penghantar arus dan juga sebagai pengaman dari beban lebih dan hubung singkat. Apabila terjadi arus lebih atau hubung singkat, kawat lebur tersebut akan mengalami kenaikan suhu dan akan melebur (putus), sehingga arus listrik yang melalui *NH Fuse* akan terputus. Apabila kawat lebur sudah terputus maka *fuse* sudah tidak berfungsi dan harus diganti. Pada penggunaannya *NH Fuse* dipasang pada kedudukan atau yang biasa disebut dengan Holder, berikut gambar *NH Fuse* ;



Gambar 2.16 *NH Fuse*

NH Fuse yang digunakan untuk tegangan rendah dengan arus besar. *NH Fuse* diidentifikasi dari dua huruf yang didasarkan dari penggunaannya. Untuk mempermudah memasang dan membuka *NH Fuse*, dapat menggunakan *NH Fuse Puller* yang berfungsi sebagai alat untuk memasang dan membuka *NH Fuse* pada penjepit (*Fuse Bash*) atau dudukan *NH Fuse*.

Prinsip kerja *NH Fuse* terdapat kawat lebur yang berfungsi sebagai penghantar arus dan juga sebagai pengaman dari beban lebih dan hubung singkat. Apabila terjadi arus lebih atau hubung singkat, kawat lebur tersebut akan mengalami kenaikan suhu dan akan melebur (putus), sehingga arus listrik yang melalui *NH Fuse* akan terputus. Apabila kawat lebur sudah terputus maka *fuse* sudah tidak berfungsi dan harus diganti. Pada penggunaannya *NH Fuse* dipasang pada dudukan atau yang biasa disebut dengan *Holder*. Di bawah ini berikut karakteristik pengaman *NH-Fuse*.



Gambar 2.17 Karakteristik *NH-Fuse*.

Adapun cara menentukan kapasitas *NH Fuse* adalah dengan rumus persamaan (2,3 dan 4), sebagai berikut:

$$IN = \frac{\text{Kapasitasi trafo (Volt/amper)}}{\sqrt{3 \times \text{Tegangan fasa-fasa (Volt)}}$$

$$\text{Arus tiap jurusan} = \frac{In(\text{Ampere})}{\Sigma \text{ jurusan di PHB-TR}} \quad \text{Pers.....(2.2)}$$

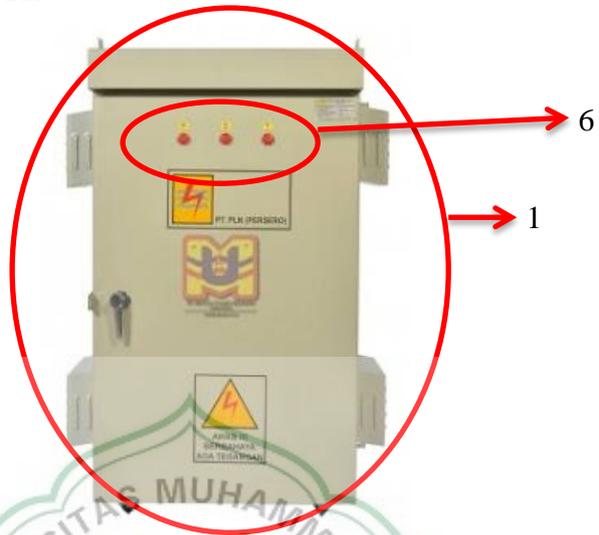
$$\text{KHA } NH \text{ Fuse dipilih} = \text{Arus tiap jurusan} \times 0,9$$

Dimana :

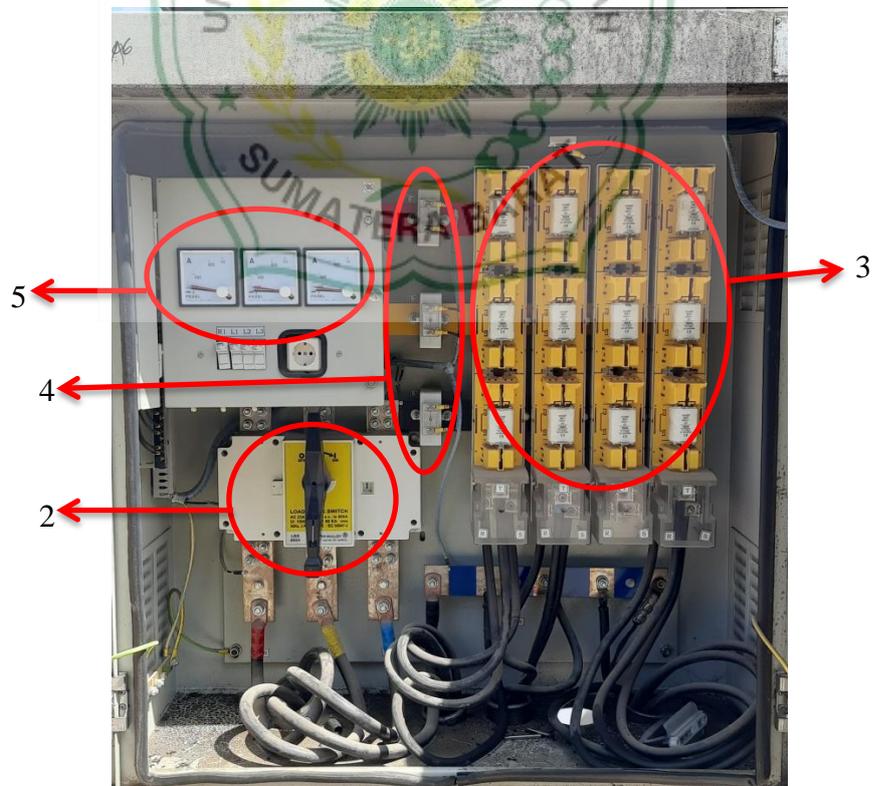
Kapasitas Trafo = Kemampuan Pembebanan trafo

Tegangan TM = Tegangan menengah (20KVA)

2.4 Komponen PHB –TR



Gambar 2.18 Kerangka PHB – TR



Gambar 2.19 Komponen PHB – TR

Keterangan Gambar :

1. Kerangka PHB – TR
2. Saklar Utama
3. *NH Fuse*
4. Rel Tembaga
5. Alat Ukur Arus (I) dan Tegangan (V)
6. Lampu Indikator

2.4.1 Kerangka PHB-TR

Kerangka merupakan box panel listrik yang berfungsi melindungi dan sebagai tempat peletakan semua komponen / perlengkapan di dalamnya. Panel ini terbuat dari benda logam anti karat yang dilengkapi dengan kunci pintu agar aman dari tindakan pencurian.

2.4.2 Saklar Utama

Saklar Utama berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan aliran listrik dari output transformator menuju rel tembaga (untuk pembagian jurusan) yang nantinya akan diteruskan ke jaringan tegangan rendah. Saklar utama ini berbentuk seperti tuas (pegangan) yang dapat dioperasikan dengan cara mengarahkannya ke kiri atau ke kanan

2.4.3 *NH Fuse*

NH atau NT fuse merupakan alat proteksi (pengaman) yang ada di dalam PHB TR. NH Fuse akan bekerja dengan cara melebur apabila nilai arus melewati batas maksimum NH fuse yang terpasang, akibat adanya gangguan. Apabila NH fuse melebur maka aliran listrik yang terhubung ke JTR terputus.

2.4.4 Rel Tembaga

Rel Tembaga pada PHB TR berfungsi untuk menghubungkan sirkit utama (saklar utama) ke beberapa jurusan. Ada 3 rel tembaga untuk fasa dan 1 rel untuk netral. Output dari saklar utama dihubungkan dengan rel tembaga ini

2.4.5 Alat Ukur Arus (I) dan Tegangan (V)

PHB TR yang modern telah dilengkapi dengan alat ukur arus dan tegangan yang memudahkan teknisi listrik untuk mengetahui nilai besaran arus dan tegangannya. Alat ukur ini terpasang pada bagian dalam panel.

2.4.6 Pertanahan

Sistem pentanahan pada jaringan distribusi digunakan sebagai pengaman langsung terhadap peralatan dan manusia bila terjadinya gangguan tanah atau kebocoran arus akibat kegagalan isolasi dan tegangan lebih pada peralatan jaringan distribusi.

2.4.7 Lampu Indikator

Lampu indikator / kontrol pada PHB TR berfungsi sebagai penanda adanya tegangan pada fasa R, S dan T. Lampu ini dipasang di pintu panel agar dapat memudahkan teknisi PLN mengetahui apakah setiap Fasa masih ada tegangan atau tidak.

2.4.8 Komponen Pendukung

Suatu PHB TR modern dilengkapi dengan beberapa komponen pendukung seperti lampu penerangan di dalam panel yang memberikan penerangan teknisi untuk melihat kondisi di dalam panel saat malam hari.

Selain itu ada terminal kotak kontak yang dapat digunakan oleh teknisi sebagai sumber listrik. Terdapat juga MCB (miniatur circuit breaker) yang berfungsi sebagai alat proteksi dari komponen seperti lampu, alat ukur, dan kotak kontak tadi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi kajian tugas akhir ini dilakukan pada beberapa Gardu Penyulang Pagaruyung GH Batusangkar PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Batusangkar.

Penulis memilih lokasi tempat penelitian di Gardu Penyulang Pagaruyung GH Batusangkar PT. PLN (Persero) ULP Batusangkar, ini bertujuan untuk mempermudah dalam memperoleh data penelitian. Penulis akan menentukan rating *NH Fuse* dan *Fuse Link* pada *Fuse Cut Out* (FCO) yang digunakan pada setiap jurusan gardu Penyulang Pagaruyung serta evaluasi pengaman gardu dari setiap gardu di penyulang Pagaruyung.

3.2 Data Penelitian

Pada data penelitian diuraikan mengenai jenis dan sumber data, teknik pengumpulan data serta metode yang digunakan, dengan uraian masing-masing. Data utama penelitian ini dikumpulkan melalui wawancara dan observasi langsung di Gardu Penyulang Pagaruyung GH Batusangkar PT. PLN (Persero) ULP Batusangkar. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini antara lain data beban.

3.3 Metode Analisis Data

Jenis penelitian yang digunakan oleh penulis yakni jenis penelitian kuantitatif yang bertujuan untuk melihat Rating *NH Fuse* dan *Fuse Link* pada *Fuse Cut Out* (FCO) yang digunakan pada setiap jurusan gardu Penyulang Pagaruyung serta evaluasi pengaman gardu dari setiap gardu di penyulang Pagaruyung.

3.4 Waktu Penelitian

Adapun waktu penelitian yang direncanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

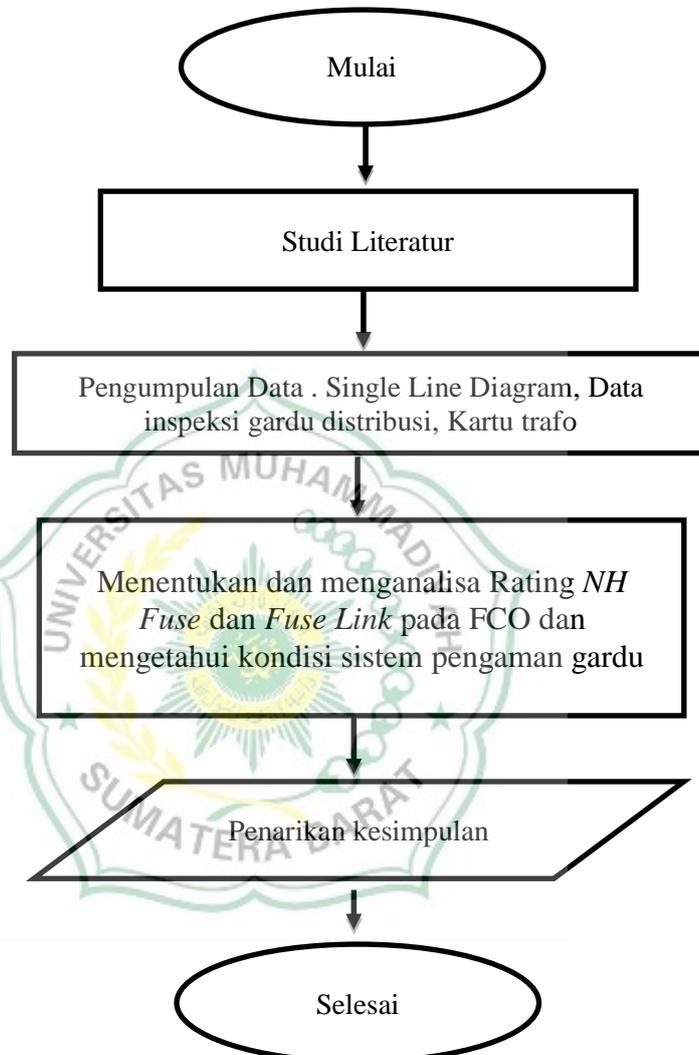
Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan penelitian

No	Kegiatan	Mei 2023				Juni 2023				Juli 2023				Agustus 2023			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur																
2	Pengumpulan Data, Single Line Diagram, Data inspeksi gardu distribusi, Kartu trafo.																
3	Menentukan dan menganalisa Rating <i>NH Fuse</i> dan <i>Fuse link</i> pada FCO dan mengetahui kondisi sistem pengaman gardu																
4	Penarikan Kesimpulan																

3.5 Bagan Alir Penelitian.

Adapun alur dari penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan oleh *flowchart* pada gambar 3.1 berikut ini :

Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian



Berdasarkan flowchart penelitian yang akan dilakukan dapat diuraikan seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 3.2 *Flawchart* Penelitian

No	Alur Penelitian	Keterangan
1.	Studi literatur	Studi literatur dilakukan untuk mengetahui data apa saja yang akan dibutuhkan dalam penelitian serta bagaimana mengolah data tersebut.
2.	Pengumpulan Data, Single Line Diagram, Data inspeksi gardu distribusi, Kartu trafo	Setelah mendapatkan data existing maka dilakukan desain single line <i>NH Fuse</i> - Menggambarkan sigle line diagram - Memasukkan nomor dan identitas dari peralatan (Saklar Utama, Busbar atau Saluran Pembagian, Penjepit <i>NH Fuse</i> atau <i>Ground Plate</i> , <i>NH Fuse</i> atau Sekring, Kabel <i>Opstyg</i> , Lampu Penerangan, Lampu Indikator.beban).
3.	Menentukan dan menganalisa Rating <i>NH Fuse</i> dan <i>fuse link</i> pada <i>FCO</i> dan mengetahui kondisi sistem pengaman gardu	Mengetahui hasil Rating <i>NH Fuse</i> dan <i>Fuse Link</i> pada <i>FCO</i> serta evaluasi pengaman Gardu, maka dapat dilakukan analisa. Pada tahap ini, akan dilakukan pengecekan kondisi sitem pengaman dari setiap gardu.
4.	Penarikan kesimpulan	Setelah dilakukan analisa, hasil analisa tersebut di ambil kesimpulan tentang Rating <i>NH Fuse</i> dan <i>Fuse Link</i> pada <i>FCO</i> dan mengetahui kondisi sistem pengaman gardu.

TABEL INSPEKSI GARDU

No	Nama Gardu	Nomor Gardu	KVA Trafo	Beban (A)																		Tegangan (V)								
				Utama						Jurusan I			Jurusan II			Jurusan III						RS	RT	ST	RN	SN	TN			
				R	S	T	N	R	S	T	R	S	T	R	S	T	N	R	S	T	N									
1	Guguak	G 47 T	50	14	27	7	19												402	404	401	233	231	231						
2	Datar	G 139 T	100	86	51	73	47	53	45	53	24	35	5	19	24										402	403	402	232	232	232
3	Kampung baru	G 190 T	200	127	144	118	74	45	59	43	35	64	78	56	48	17	19	13	13	13	399	396	400	400	228	231	231			
4	RSUD	G 61 T	160	110	113	111	40	91	96	93	27	9	14	15	17	6	3	2	6	6	402	402	403	233	233	231				
5	Koto Mandahling	G 189 T	100	65	72	68	54	30	35	32	28	22	23	27	24	13	15	6	10	10	402	403	402	232	233	232				
6	Simandang	G 226 T	50	56	34	38	30	47	23	30	27	6	12	8	9						401	403	402	231	233	232				
7	Lapangan Pinang	G 203 T	50	13	14	15	9	9	9	13	9	3	6	8	4						402	403	403	231	233	233				
8	SDLB	G 315 T	100	86	56	94	62	34	15	14	27	53	40	75	46						401	400	401	231	230	231				
9	Ludai	G 53 T	50	36	18	38	25	1	1	3	3	35	18	25	25						400	401	402	233	232	231				
10	Padang Datar 2	G 302 T	50	28	30	27	29	17	19	18	18	11	12	10	11						403	402	403	233	232	231				
11	Padang Datar	G 191 T	50	40	36	34	38	27	12	18	18	36	31	15	29						402	401	402	231	230	231				
12	Pakarak	G 154 T	50	22	39	29	35	1	2	6	6	20	36	22	30						400	401	400	230	231	230				

Tabel 3.3 Tabel Inspeksi Gardu

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Ukuran Fuse Link dan Ukuran NH Fuse

4.1.1 Analisa Ukuran Fuse Link dan NH Fuse pada Trafo Distribusi 50 kVA Satu Jurusan dengan Nomor G47T.

Analisa ukuran Fuse Link pada trafo distribusi untuk menentukan ukuran Fuse Link pada sebuah trafo distribusi dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.1) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo dan nilai tegangan masukan para trafo distribusi tersebut. Sedangkan menentukan ukuran NH Fuse dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.2) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo, nilai tegangan masukan dan jumlah jurusan.

Dari pers (2.1) tentang rating Fuse Link

$$\begin{aligned}
 \text{Fuse Link} &= \frac{\text{Kapasitas Trafo (KVA)}}{\text{Tegangan TM (V)} \times \sqrt{3}} \text{ (Ampere)} \\
 &= \frac{50 \text{ kVA}}{20.000 \text{ V} \times \sqrt{3}} \\
 &= 1,44 \text{ Ampere} \\
 &= 2 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Dari pers (2.2) tentang Ukuran NH Fuse

$$\begin{aligned}
 IN &= \frac{\text{Kapasitas trafo (Volt/ampere)}}{\sqrt{3} \times \text{Tegangan fasa-fasa (Volt)}} \\
 &= \frac{50.000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} \\
 &= 72,25 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Arus tiap jurusan} &= \frac{In(\text{Ampere})}{\Sigma \text{ jurusan di PHB-TR}} \\
 &= \frac{72,25}{1} \\
 &= 72,25 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
NH Fuse \text{ dipilih} &= \text{Arus tiap jurusan} \times 0,9 \\
&= 72,25 \times 0,9 \\
&= 65,02 \text{ Ampere} \\
&= 65 \text{ Ampere}
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rumus persamaan 2.1 ukuran *fuse link* pada trafo distribusi 50 kVA 1 jurusan adalah 1,44 Ampere. Karena tidak terdapat kapasitas *fuse link* sebesar 1,44 Ampere maka disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrikasi) dengan demikian *fuse link* yang digunakan sebesar 2 Ampere. Sedangkan ukuran *NH Fuse* berdasarkan hasil pencarian rumus 2.2 adalah 65 Ampere.

4.1.2 Analisa Ukuran *Fuse Link* dan *NH Fuse* pada Trafo Distribusi 100 kVA Dua Jurusan dengan Nomor G139T.

Analisa ukuran *Fuse Link* pada trafo distribusi untuk menentukan ukuran *Fuse Link* pada sebuah trafo distribusi dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.1) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo dan nilai tegangan masukan pada trafo distribusi tersebut. Sedangkan Menentukan ukuran *NH Fuse* dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.2) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo, nilai tegangan masukan dan jumlah jurusan.

Dari pers (2.1) tentang rating *Fuse Link*

$$\begin{aligned}
Fuse Link &= \frac{\text{Kapasitas Trafo (KVA)}}{\text{Tegangan TM (V)} \times \sqrt{3}} (\text{Ampere}) \\
&= \frac{100 \text{ kVA}}{20.000 \text{ V} \times \sqrt{3}} \\
&= 2,89 \text{ Ampere} \\
&= 3 \text{ Ampere}
\end{aligned}$$

Dari pers (2.2) tentang Ukuran *NH Fuse*

$$\begin{aligned} IN &= \frac{\text{Kapasitas trafo (Volt/ampere)}}{\sqrt{3} \times \text{Tegangan fasa-fasa (Volt)}} \\ &= \frac{100.000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} \\ &= 144,51 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Arus tiap jurusan} &= \frac{In(\text{Ampere})}{\Sigma \text{ jurusan di PHB-TR}} \\ &= \frac{144,51}{2} \\ &= 72,26 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NH Fuse dipilih} &= \text{Arus tiap jurusan} \times 0,9 \\ &= 72,26 \times 0,9 \\ &= 65,03 \text{ Ampere} \\ &= 65 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rumus persamaan 2.1 ukuran *fuse link* pada trafo distribusi 100 kVA 2 jurusan adalah 2,89 Ampere. Karena tidak terdapat kapasitas *fuse link* sebesar 2,89 Ampere maka disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrikasi) dengan demikian *fuse link* yang digunakan sebesar 3 Ampere. Sedangkan ukuran *NH Fuse* berdasarkan hasil pencarian rumus 2.2 adalah 65 Ampere.

4.1.3 Analisa Ukuran *Fuse Link* dan *NH Fuse* pada Trafo Distribusi 200 kVA Tiga Jurusan dengan Nomor G190T.

Analisa ukuran *Fuse Link* pada trafo distribusi untuk menentukan ukuran *Fuse Link* pada sebuah trafo distribusi dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.1) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo dan nilai tegangan masukan pada trafo distribusi tersebut.

Sedangkan Menentukan ukuran *NH Fuse* dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.2) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo, nilai tegangan masukan dan jumlah jurusan.

Dari pers (2.1) tentang rating *Fuse Link*

$$\begin{aligned}
 \text{Fuse Link} &= \frac{\text{Kapasitas Trafo (KVA)}}{\text{Tegangan TM (V)} \times \sqrt{3}} \text{ (Ampere)} \\
 &= \frac{200 \text{ kVA}}{20.000 \text{ V} \times \sqrt{3}} \\
 &= 5,78 \text{ Ampere} \\
 &= 6 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Dari pers (2.2) tentang Ukuran *NH Fuse*

$$\begin{aligned}
 IN &= \frac{\text{Kapasitas trafo (Volt/ampere)}}{\sqrt{3} \times \text{Tegangan fasa-fasa (Volt)}} \\
 &= \frac{200.000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} \\
 &= 289,01 \text{ Ampere} \\
 \text{Arus tiap jurusan} &= \frac{IN \text{ (Ampere)}}{\Sigma \text{ jurusan di PHB-TR}} \\
 &= \frac{289,01}{3} \\
 &= 96,34 \text{ Ampere} \\
 \text{NH Fuse dipilih} &= \text{Arus tiap jurusan} \times 0,9 \\
 &= 96,34 \times 0,9 \\
 &= 86,71 \text{ Ampere} \\
 &= 87 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rumus persamaan 2.1 ukuran *fuse link* pada trafo distribusi 200 kVA 3 jurusan adalah 5,78 Ampere. Karena tidak terdapat kapasitas *fuse link* sebesar 5,78 Ampere maka disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrik) dengan demikian *fuse link* yang digunakan sebesar 6 Ampere. Sedangkan ukuran *NH Fuse* berdasarkan hasil pencarian rumus 2.2 adalah 87 Ampere.

4.1.4 Analisa Ukuran *Fuse Link* dan *NH Fuse* pada Trafo Distribusi 160 kVA Tiga Jurusan dengan Nomor G61T.

Analisa ukuran *Fuse Link* pada trafo distribusi untuk menentukan ukuran *Fuse Link* pada sebuah trafo distribusi dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.1) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo dan nilai tegangan masukan para trafo distribusi tersebut. Sedangkan Menentukan ukuran *NH Fuse* dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.2) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo, nilai tegangan masukan dan jumlah jurusan.

Dari pers (2.1) tentang rating *Fuse Link*

$$\begin{aligned}
 \text{Fuse Link} &= \frac{\text{Kapasitas Trafo (KVA)}}{\text{Tegangan TM (V)} \times \sqrt{3}} \text{ (Ampere)} \\
 &= \frac{160 \text{ kVA}}{20.000 \text{ V} \times \sqrt{3}} \\
 &= 4,61 \text{ Ampere} \\
 &= 5 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Dari pers (2.2) tentang Ukuran *NH Fuse*

$$\begin{aligned}
 IN &= \frac{\text{Kapasitasitrafo (Volt/ampere)}}{\sqrt{3} \times \text{Tegangan fasa-fasa (Volt)}} \\
 &= \frac{160.000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} \\
 &= 230,94 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Arus tiap jurusan} &= \frac{IN(\text{Ampere})}{\Sigma \text{ jurusan di PHB-TR}} \\
 &= \frac{230,94}{3} \\
 &= 76,9 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{NH Fuse dipilih} &= \text{Arus tiap jurusan} \times 0,9 \\
 &= 76,9 \times 0,9 \\
 &= 85,53 \text{ Ampere} \\
 &= 86 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rumus persamaan 2.1 ukuran *fuse link* pada trafo distribusi 200 kVA 3 jurusan adalah 4,61 Ampere. Karena tidak terdapat kapasitas *fuse link* sebesar 4,61 Ampere maka disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrikan) dengan demikian *fuse link* yang digunakan sebesar 5 Ampere. Sedangkan ukuran *NH Fuse* berdasarkan hasil pencarian rumus 2.2 adalah 86 Ampere.

4.1.5 Analisa Ukuran *Fuse Link* dan *NH Fuse* pada Trafo Distribusi 100 kVA Tiga Jurusan dengan Nomor G189T.

Analisa ukuran *Fuse Link* pada trafo distribusi untuk menentukan ukuran *Fuse Link* pada sebuah trafo distribusi dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.1) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo dan nilai tegangan masukan para trafo distribusi tersebut. Sedangkan Menentukan ukuran *NH Fuse* dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.2) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo, nilai tegangan masukan dan jumlah jurusan.

Dari pers (2.1) tentang rating *Fuse Link*

$$\begin{aligned}
 \text{Fuse Link} &= \frac{\text{Kapasitas Trafo (KVA)}}{\text{Tegangan TM (V)} \times \sqrt{3}} \text{ (Ampere)} \\
 &= \frac{100 \text{ kVA}}{20.000 \text{ V} \times \sqrt{3}} \\
 &= 2,89 \text{ Ampere} \\
 &= 3 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Dari pers (2.2) tentang Ukuran *NH Fuse*

$$\begin{aligned}
 IN &= \frac{\text{Kapasitas trafo (Volt/ampere)}}{\sqrt{3} \times \text{Tegangan fasa-fasa (Volt)}} \\
 &= \frac{100.000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} \\
 &= 144,51 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Arus tiap jurusan} &= \frac{\text{In(Ampere)}}{\Sigma \text{ jurusan di PHB-TR}} \\
 &= \frac{144,51}{3} \\
 &= 48,17 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{NH Fuse dipilih} &= \text{Arus tiap jurusan} \times 0,9 \\
 &= 48,17 \times 0,9 \\
 &= 43,35 \text{ Ampere} \\
 &= 43 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rumus persamaan 2.1 ukuran *fuse link* pada trafo distribusi 100 kVA 3 jurusan adalah 2,89 Ampere. Karena tidak terdapat kapasitas *fuse link* sebesar 2,89 Ampere maka disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrikasi) dengan demikian *fuse link* yang digunakan sebesar 3 Ampere. Sedangkan ukuran *NH Fuse* berdasarkan hasil pencarian rumus 2.2 adalah 43 Ampere.

4.1.6 Analisa Ukuran *Fuse Link* dan *NH Fuse* pada Trafo Distribusi 50 kVA Dua Jurusan dengan Nomor G226T.

Analisa ukuran *Fuse Link* pada trafo distribusi untuk menentukan ukuran *Fuse Link* pada sebuah trafo distribusi dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.1) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo dan nilai tegangan masukan pada trafo distribusi tersebut. Sedangkan Menentukan ukuran *NH Fuse* dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.2) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo, nilai tegangan masukan dan jumlah jurusan.

Dari pers (2.1) tentang rating *Fuse Link*

$$\begin{aligned} Fuse\ Link &= \frac{\text{Kapasitas Trafo (KVA)}}{\text{Tegangan TM (V)} \times \sqrt{3}} \quad (\text{Ampere}) \\ &= \frac{50\text{ kVA}}{20.000\text{ V} \times \sqrt{3}} \\ &= 1,44\text{ Ampere} \\ &= 2\text{ Ampere} \end{aligned}$$

Dari pers (2.2) tentang Ukuran *NH Fuse*

$$\begin{aligned} IN &= \frac{\text{Kapasitas trafo (Volt/ampere)}}{\sqrt{3} \times \text{Tegangan fasa-fasa (Volt)}} \\ &= \frac{50.000\text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400\text{ V}} \\ &= 72,25\text{ Ampere} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Arus tiap jurusan} &= \frac{In(\text{Ampere})}{\Sigma \text{ jurusan di PHB-TR}} \\ &= \frac{72,25}{2} \\ &= 36,12\text{ Ampere} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NH\ Fuse\ \text{dipilih} &= \text{Arus tiap jurusan} \times 0,9 \\ &= 36,12 \times 0,9 \\ &= 32,50\text{ Ampere} \\ &= 33\text{ Ampere} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rumus persamaan 2.1 ukuran *fuse link* pada trafo distribusi 50 kVA 2 jurusan adalah 1,44 Ampere. Karena tidak terdapat kapasitas *fuse link* sebesar 1,44 Ampere maka disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrikasi) dengan demikian *fuse link* yang digunakan sebesar 2 Ampere. Sedangkan ukuran *NH Fuse* berdasarkan hasil pencarian rumus 2.2 adalah 33 Ampere.

4.1.7 Analisa Ukuran *Fuse Link* dan *NH Fuse* pada Trafo Distribusi 50 kVA Dua Jurusan dengan Nomor G203T.

Analisa ukuran *Fuse Link* pada trafo distribusi untuk menentukan ukuran *Fuse Link* pada sebuah trafo distribusi dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.1) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo dan nilai tegangan masukan para trafo distribusi tersebut. Sedangkan Menentukan ukuran *NH Fuse* dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.2) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo, nilai tegangan masukan dan jumlah jurusan.

Dari pers (2.1) tentang rating *Fuse Link*

$$\begin{aligned}
 \text{Fuse Link} &= \frac{\text{Kapasitas Trafo (KVA)}}{\text{Tegangan TM (V)} \times \sqrt{3}} \quad (\text{Ampere}) \\
 &= \frac{50 \text{ kVA}}{20.000 \text{ V} \times \sqrt{3}} \\
 &= 1,44 \text{ Ampere} \\
 &= 2 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Dari pers (2.2) tentang Ukuran *NH Fuse*

$$\begin{aligned}
 IN &= \frac{\text{Kapasitas trafo (Volt/ampere)}}{\sqrt{3} \times \text{Tegangan fasa-fasa (Volt)}} \\
 &= \frac{50.000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} \\
 &= 72,25 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Arus tiap jurusan} &= \frac{IN(\text{Ampere})}{\Sigma \text{ jurusan di PHB-TR}} \\
 &= \frac{72,25}{2} \\
 &= 36,12 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{NH Fuse dipilih} &= \text{Arus tiap jurusan} \times 0,9 \\
 &= 36,12 \times 0,9 \\
 &= 32,50 \text{ Ampere} \\
 &= 33 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rumus persamaan 2.1 ukuran *fuse link* pada trafo distribusi 50 kVA 2 jurusan adalah 1,44 Ampere. Karena tidak terdapat kapasitas *fuse link* sebesar 1,44 Ampere maka disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrikasi) dengan demikian *fuse link* yang digunakan sebesar 2 Ampere. Sedangkan ukuran *NH Fuse* berdasarkan hasil pencarian rumus 2.2 adalah 33 Ampere.

4.1.8 Analisa Ukuran *Fuse Link* dan *NH Fuse* pada Trafo Distribusi 100 kVA Dua Jurusan dengan Nomor G315T.

Analisa ukuran *Fuse Link* pada trafo distribusi untuk menentukan ukuran *Fuse Link* pada sebuah trafo distribusi dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.1) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo dan nilai tegangan masukan pada trafo distribusi tersebut. Sedangkan Menentukan ukuran *NH Fuse* dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.2) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo, nilai tegangan masukan dan jumlah jurusan.

Dari pers (2.1) tentang rating *Fuse Link*

$$\begin{aligned}
 \text{Fuse Link} &= \frac{\text{Kapasitas Trafo (KVA)}}{\text{Tegangan TM (V)} \times \sqrt{3}} \text{ (Ampere)} \\
 &= \frac{100 \text{ kVA}}{20.000 \text{ V} \times \sqrt{3}} \\
 &= 2,89 \text{ Ampere} \\
 &= 3 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Dari pers (2.2) tentang Ukuran *NH Fuse*

$$\begin{aligned}
 IN &= \frac{\text{Kapasitas trafo (Volt/ampere)}}{\sqrt{3} \times \text{Tegangan fasa-fasa (Volt)}} \\
 &= \frac{100.000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} \\
 &= 144,51 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Arus tiap jurusan} &= \frac{\text{In(Ampere)}}{\Sigma \text{ jurusan di PHB-TR}} \\
 &= \frac{144,51}{2} \\
 &= 72,26 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{NH Fuse dipilih} &= \text{Arus tiap jurusan} \times 0,9 \\
 &= 72,26 \times 0,9 \\
 &= 65,03 \text{ Ampere} \\
 &= 65 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rumus persamaan 2.1 ukuran *fuse link* pada trafo distribusi 100 kVA 2 jurusan adalah 2,89 Ampere. Karena tidak terdapat kapasitas *fuse link* sebesar 2,89 Ampere maka disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrik) dengan demikian *fuse link* yang digunakan sebesar 3 Ampere. Sedangkan ukuran *NH Fuse* berdasarkan hasil pencarian rumus 2.2 adalah 65 Ampere.

4.1.9 Analisa Ukuran *Fuse Link* dan *NH Fuse* pada Trafo Distribusi 50 kVA Dua Jurusan dengan Nomor G53T.

Analisa ukuran *Fuse Link* pada trafo distribusi untuk menentukan ukuran *Fuse Link* pada sebuah trafo distribusi dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.1) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo dan nilai tegangan masukan pada trafo distribusi tersebut. Sedangkan Menentukan ukuran *NH Fuse* dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.2) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo, nilai tegangan masukan dan jumlah jurusan.

Dari pers (2.1) tentang rating *Fuse Link*

$$\begin{aligned} Fuse\ Link &= \frac{\text{Kapasitas Trafo (KVA)}}{\text{Tegangan TM (V)} \times \sqrt{3}} (\text{Ampere}) \\ &= \frac{50\text{ kVA}}{20.000\text{ V} \times \sqrt{3}} \\ &= 1,44\text{ Ampere} \\ &= 2\text{ Ampere} \end{aligned}$$

Dari pers (2.2) tentang Ukuran *NH Fuse*

$$\begin{aligned} IN &= \frac{\text{Kapasitas trafo (Volt/ampere)}}{\sqrt{3} \times \text{Tegangan fasa-fasa (Volt)}} \\ &= \frac{50.000\text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400\text{ V}} \\ &= 72,25\text{ Ampere} \\ Arus\ tiap\ jurusan &= \frac{In(\text{Ampere})}{\Sigma\text{ jurusan di PHB-TR}} \\ &= \frac{72,25}{2} \\ &= 36,12\text{ Ampere} \\ NH\ Fuse\ dipilih &= Arus\ tiap\ jurusan \times 0,9 \\ &= 36,12 \times 0,9 \\ &= 32,50\text{ Ampere} \\ &= 33\text{ Ampere} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rumus persamaan 2.1 ukuran *fuse link* pada trafo distribusi 50 kVA 2 jurusan adalah 1,44 Ampere. Karena tidak terdapat kapasitas *fuse link* sebesar 1,44 Ampere maka disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrik) dengan demikian *fuse link* yang digunakan sebesar 2 Ampere. Sedangkan ukuran *NH Fuse* berdasarkan hasil pencarian rumus 2.2 adalah 33 Ampere.

4.1.10 Analisa Ukuran *Fuse Link* dan *NH Fuse* pada Trafo Distribusi 50 kVA Dua Jurusan dengan Nomor G302T.

Analisa ukuran *Fuse Link* pada trafo distribusi untuk menentukan ukuran *Fuse Link* pada sebuah trafo distribusi dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.1) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo dan nilai tegangan masukan para trafo distribusi tersebut.

Sedangkan Menentukan ukuran *NH Fuse* dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.2) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo, nilai tegangan masukan dan jumlah jurusan.

Dari pers (2.1) tentang rating *Fuse Link*

$$\begin{aligned}
 \text{Fuse Link} &= \frac{\text{Kapasitas Trafo (KVA)}}{\text{Tegangan TM (V)} \times \sqrt{3}} \text{ (Ampere)} \\
 &= \frac{50 \text{ kVA}}{20.000 \text{ V} \times \sqrt{3}} \\
 &= 1,44 \text{ Ampere} \\
 &= 2 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Dari pers (2.2) tentang Ukuran *NH Fuse*

$$\begin{aligned}
 IN &= \frac{\text{Kapasitas trafo (Volt/ampere)}}{\sqrt{3} \times \text{Tegangan fasa-fasa (Volt)}} \\
 &= \frac{50.000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} \\
 &= 72,25 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Arus tiap jurusan} &= \frac{IN(\text{Ampere})}{\Sigma \text{ jurusan di PHB-TR}} \\
 &= \frac{72,25}{2} \\
 &= 36,12 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{NH Fuse dipilih} &= \text{Arus tiap jurusan} \times 0,9 \\
 &= 36,12 \times 0,9 \\
 &= 32,50 \text{ Ampere} \\
 &= 33 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rumus persamaan 2.1 ukuran *fuse link* pada trafo distribusi 50 kVA 2 jurusan adalah 1,44 Ampere. Karena tidak terdapat kapasitas *fuse link* sebesar 1,44 Ampere maka disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrikan) dengan demikian *fuse link* yang digunakan sebesar 2 Ampere. Sedangkan ukuran *NH Fuse* berdasarkan hasil pencarian rumus 2.2 adalah 33 Ampere.

4.1.11 Analisa Ukuran *Fuse Link* dan *NH Fuse* pada Trafo Distribusi 50 kVA Dua Jurusan dengan Nomor G191T.

Analisa ukuran *Fuse Link* pada trafo distribusi untuk menentukan ukuran *Fuse Link* pada sebuah trafo distribusi dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.1) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo dan nilai tegangan masukan para trafo distribusi tersebut. Sedangkan Menentukan ukuran *NH Fuse* dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.2) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo, nilai tegangan masukan dan jumlah jurusan.

Dari pers (2.1) tentang rating *Fuse Link*

$$\begin{aligned}
 \text{Fuse Link} &= \frac{\text{Kapasitas Trafo (KVA)}}{\text{Tegangan TM (V)} \times \sqrt{3}} \text{ (Ampere)} \\
 &= \frac{50 \text{ kVA}}{20.000 \text{ V} \times \sqrt{3}} \\
 &= 1,44 \text{ Ampere} \\
 &= 2 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Ukuran *NH Fuse*

$$\begin{aligned}
 IN &= \frac{\text{Kapasitas trafo (Volt/ampere)}}{\sqrt{3} \times \text{Tegangan fasa-fasa (Volt)}} \\
 &= \frac{50.000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} \\
 &= 72,25 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Arus tiap jurusan} &= \frac{\text{In(Ampere)}}{\Sigma \text{ jurusan di PHB-TR}} \\
 &= \frac{72,25}{2} \\
 &= 36,12 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{NH Fuse dipilih} &= \text{Arus tiap jurusan} \times 0,9 \\
 &= 36,12 \times 0,9 \\
 &= 32,50 \text{ Ampere} \\
 &= 33 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rumus persamaan 2.1 ukuran *fuse link* pada trafo distribusi 50 kVA 2 jurusan adalah 1,44 Ampere. Karena tidak terdapat kapasitas *fuse link* sebesar 1,44 Ampere maka disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrikasi) dengan demikian *fuse link* yang digunakan sebesar 2 Ampere. Sedangkan ukuran *NH Fuse* berdasarkan hasil pencarian rumus 2.2 adalah 33 Ampere.

4.1.12 Analisa Ukuran *Fuse Link* dan *NH Fuse* pada Trafo Distribusi 50 kVA Dua Jurusan dengan Nomor G154T.

Analisa ukuran *Fuse Link* pada trafo distribusi untuk menentukan ukuran *Fuse Link* pada sebuah trafo distribusi dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.1) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo dan nilai tegangan masukan pada trafo distribusi tersebut. Sedangkan Menentukan ukuran *NH Fuse* dapat melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan rumus (2.2) dimana pada rumus tersebut memerlukan data kapasitas trafo, nilai tegangan masukan dan jumlah jurusan.

Dari pers (2.1) tentang rating *Fuse Link*

$$\begin{aligned}
 \text{Fuse Link} &= \frac{\text{Kapasitas Trafo (KVA)}}{\text{Tegangan TM (V)} \times \sqrt{3}} \text{ (Ampere)} \\
 &= \frac{50 \text{ kVA}}{20.000 \text{ V} \times \sqrt{3}} \\
 &= 1,44 \text{ Ampere} \\
 &= 2 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Dari pers (2.2) tentang Ukuran *NH Fuse*

$$\begin{aligned}
 IN &= \frac{\text{Kapasitas trafo (Volt/ampere)}}{\sqrt{3} \times \text{Tegangan fasa-fasa (Volt)}} \\
 &= \frac{50.000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} \\
 &= 72,25 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Arus tiap jurusan} &= \frac{IN(\text{Ampere})}{\Sigma \text{ jurusan di PHB-TR}} \\
 &= \frac{72,25}{2} \\
 &= 36,12 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{NH Fuse dipilih} &= \text{Arus tiap jurusan} \times 0,9 \\
 &= 36,12 \times 0,9 \\
 &= 32,50 \text{ Ampere} \\
 &= 33 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan rumus persamaan 2.1 ukuran *fuse link* pada trafo distribusi 50 kVA 2 jurusan adalah 1,44 Ampere. Karena tidak terdapat kapasitas *fuse link* sebesar 1,44 Ampere maka disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrik) dengan demikian *fuse link* yang digunakan sebesar 2 Ampere. Sedangkan ukuran *NH Fuse* berdasarkan hasil pencarian rumus 2.2 adalah 33 Ampere.

Berdasarkan rumus persamaan 2.1 tentang perhitungan *Fuse Link* dan rumus persamaan 2.2 tentang *NH Fuse*. Berikut hasil pencarian *Fuse Link* dan *NH Fuse* dari 11 gardu yang ada di Penyulang Pagaruyung.

Tabel 4.1 Ukuran *Fuse Link* dan *NH Fuse* Berdasarkan Hasil Pencarian Rumus

Nomor Gardu	Trafo kV (A)	Jurusan	<i>Fuse Link</i> (Ampere)	<i>NH Fuse</i> (Ampere)
G47T	50	1	2	65
G139T	100	2	3	65
G190T	200	3	6	87
G61T	160	3	5	86
G189T	100	3	3	43
G226T	50	2	2	33
G203T	50	2	2	33
G315T	100	2	3	65
G53T	50	2	2	33
G302T	50	2	2	33
G191T	50	2	2	33
G154T	50	2	2	33

Dari tabel di atas terlihat berapa ukuran dari sebuah *Fuse Link* pada FCO dan *NH Fuse*. Ukuran tersebut harus dipasang dan digunakan pada pengaman sebuah trafo distribusi.

4.2 Evaluasi Pengaman Gardu Dari Setiap Gardu Di Penyulang Pagaruyung

Beberapa gardu di Penyulang Pagaruyung pemasangan *Fuse Link* pada *Fuse Cut Out* (FCO) terdapat pemasangan yang tidak sesuai hasil perhitungan, terdapat beberapa pemasangan *Fuse Link* yang melebihi hasil perhitungan. Hal tersebut terjadi karena kurang ketersediaan *Fuse Link*.

Pada beberapa gardu di Penyulang Pagaruyung ada pemasangan *Fuse Link* dan *NH Fuse* yang tidak sesuai dengan hasil perhitungan. Untuk *NH Fuse* yang terpasang pada trafo 50 KVA dengan nomor G47T yang satu jurusan belum sesuai

hasil perhitungan, yang terpasang adalah *NH-Fuse* 160A hasil perhitungan 65A, *NH Fuse* yang 65A itu disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrik) yaitu menjadi 80A. Sehingga seharusnya pada trafo 50KVA 1 jurusan *NH Fuse* yang seharusnya terpasang adalah 80A. Sedangkan *Fuse Link* pada trafo ini yang terpasang sudah sesuai dengan hasil perhitungan yaitu 2A.

Pada trafo 100 KVA dengan nomor G139T yang 2 jurusan, *NH-Fuse* yang terpasang 160A hasil perhitungan 65A, *NH Fuse* yang 65A itu disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrik) yaitu menjadi 80A. Sehingga seharusnya pada trafo 100KVA 2 jurusan *NH Fuse* yang seharusnya terpasang adalah 80A. Sedangkan *Fuse Link* pada trafo ini yang terpasang 5A, hasil perhitungan 2,89A jadi disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrik) yaitu menjadi 3A. Maka trafo 100 KVA *Fuse Link* yang seharusnya terpasang adalah 3A.

Pada trafo 200KVA dengan nomor G190T 3 jurusan *NH-Fuse* yang terpasang tidak sesuai dengan hasil perhitungan, hasil perhitungan 87A, *NH Fuse* yang 87A itu disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrik) yaitu menjadi 100A. Sehingga seharusnya pada trafo 200KVA 3 jurusan *NH Fuse* yang terpasang adalah 250A yang seharusnya masing – masing 100A. Sedangkan *Fuse Link* pada kedua trafo ini yang terpasang sudah sesuai dengan perhitungan yaitu 6A.

Pada trafo 160KVA dengan nomor G61T 3 jurusan *NH-Fuse* yang terpasang tidak sesuai dengan hasil perhitungan, hasil perhitungan 86A, *NH Fuse* yang 86A itu disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrik) yaitu menjadi 100A. Sehingga seharusnya pada trafo 160 KVA 3 jurusan *NH Fuse* yang terpasang adalah 160A yang seharusnya 100A. Sedangkan *Fuse Link* pada trafo ini yang terpasang sudah sesuai dengan hasil perhitungan yaitu 5A.

Pada trafo 100 KVA dengan nomor G189T yang 3 jurusan, *NH-Fuse* yang terpasang 160A, hasil perhitungan 43A, *NH Fuse* yang 43A itu disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrik) yaitu menjadi 50A. Sehingga seharusnya pada trafo 100KVA 3 jurusan *NH Fuse* yang seharusnya terpasang adalah 50A. Sedangkan *Fuse Link* pada trafo ini yang terpasang sudah sesuai dengan hasil perhitungan yaitu 3A.

Pada trafo 50 KVA *NH Fuse* dengan nomor G226T, G203T, yang yang 2 jurusan terpasang juga belum sesuai dengan hasil perhitungan, karena yang terpasang adalah ada 100A, ada 125A. Hasil perhitungan 33A, *NH Fuse* yang 33 A itu disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrikasi) yaitu menjadi 40A. Sehingga seharusnya pada trafo 50KVA 2 jurusan *NH Fuse* yang terpasang adalah 40A. Sedangkan *Fuse Link* pada kedua trafo ini yang terpasang 3A, hasil perhitungan 1,44 A dan disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrikasi) yaitu menjadi 2A. Maka pada kedua trafo ini seharusnya *fuse link* yang terpasang yaitu 2A.

Pada trafo 100 KVA dengan nomor G315T yang 2 jurusan, *NH-Fuse* yang terpasang 160A hasil perhitungan 65A, *NH Fuse* yang 65A itu disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrikasi) yaitu menjadi 80A. Sehingga seharusnya pada trafo 100KVA 2 jurusan *NH Fuse* yang seharusnya terpasang adalah 80A. Sedangkan *Fuse Link* pada trafo ini yang terpasang 5A, hasil perhitungan 2,89A jadi disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrikasi) yaitu menjadi 3A. Maka trafo 100 KVA *Fuse Link* yang seharusnya terpasang adalah 3A

Pada trafo 50 KVA *NH Fuse* dengan nomor G53T, G302T, G191T, G154T yang yang 2 jurusan terpasang juga belum sesuai dengan hasil perhitungan, karena yang terpasang adalah ada 100A, ada 125A dan ada 160A Hasil perhitungan 33A, *NH Fuse* yang 33 A itu disesuaikan dengan tingkatan yang ada (pabrikasi) yaitu menjadi 40A. Sehingga seharusnya pada trafo 50KVA 2 jurusan *NH Fuse* yang terpasang adalah 40A. Sedangkan *Fuse Link* pada ke empat trafo ini yang terpasang sudah sesuai dengan hasil perhitungan yaitu 2A.

Ketidaksesuaian ini terjadi karena tidak adanya komponen *NH Fuse* yang tersedia, akibatnya terpasang komponen yang tidak sesuai dengan hasil perhitungan. Apabila terjadi gangguan pada trafo seperti ada binatang yang menempel di trafo dengan terpasangnya *Fuse Link* yang melebihi hasil perhitungan akan mengakibatkan tripnya pada *Recloser* maupun PMT pada gardu hubung.

Tabel 4.2 Evaluasi *Fuse Link* dan *NH Fuse*

Nomor Gardu	Trafo kV(A)	Jurusan	<i>Fuse Link</i> (Ampere)		<i>NH Fuse</i> (Ampere)	
			Yang Terpasang	Seharusnya Terpasang	Yang Terpasang	Seharusnya Terpasang
G47T	50	1	2	2	160	80
G139T	100	2	5	3	160	80
G190T	200	3	6	6	250	100
G61T	160	3	5	5	160	100
G189T	100	3	3	3	160	50
G226T	50	2	3	2	100	40
G203T	50	2	3	2	125	40
G315T	100	2	5	3	160	80
G53T	50	2	2	2	100	40
G302T	50	2	2	2	125	40
G191T	50	2	2	2	160	40
G154T	50	2	2	2	160	40





Gambar 4.1 PHB –TR Trafo 50 kVA 1 jurusan

PHB –TR Trafo 50 kVA 1 jurusan yang ada di penyulang Pagaruyung *NH Fuse* yang terpasang 160 Ampere dan *NH Fuse* yang seharusnya terpasang sesuai dengan hasil perhitungan adalah 80 Ampere. Apabila terjadi gangguan pada JTR seperti JTR dempet antara phase dengan phase atau phase dengan netral dengan terpasangnya *NH Fuse* melebihi hasil perhitungan akan mengakibatkan putusnya *Fuse Link* pada FCO Trafo.



Gambar 4.2 PHB –TR Trafo 100 kVA 2 jurusan

PHB –TR Trafo 100 kVA 2 jurusan yang ada di penyulang Pagaruyung *NH Fuse* yang terpasang 160 Ampere dan *NH Fuse* yang seharusnya terpasang sesuai dengan hasil perhitungan adalah 80 Ampere. Apabila terjadi gangguan pada JTR seperti JTR dempet antara phase dengan phase atau phase dengan netral dengan terpasangnya *NH Fuse* melebihi hasil perhitungan akan mengakibatkan putusnya *Fuse Link* pada FCO Trafo.



Gambar 4.3 PHB –TR Trafo 200 kVA 3 jurusan

PHB –TR Trafo 200 kVA 3 jurusan yang ada di penyulang Pagaruyung *NH Fuse* yang terpasang 250 Ampere dan *NH Fuse* yang seharusnya terpasang sesuai dengan hasil perhitungan adalah 100 Ampere. Apabila terjadi gangguan pada JTR seperti JTR dempet antara phase dengan phase atau phase dengan netral dengan terpasangnya *NH Fuse* melebihi hasil perhitungan akan mengakibatkan putusnya *Fuse Link* pada FCO Trafo.



Gambar 4.4 PHB –TR Trafo 50 kVA 2 jurusan

PHB –TR Trafo 50 kVA 2 jurusan yang ada di penyulang Pagaruyung *NH Fuse* yang terpasang 100 Ampere dan *NH Fuse* yang seharusnya terpasang sesuai dengan hasil perhitungan adalah 40 Ampere. Apabila terjadi gangguan pada JTR seperti JTR dempet antara phase dengan phase atau phase dengan netral dengan terpasangnya *NH Fuse* melebihi hasil perhitungan akan mengakibatkan putusnya *Fuse Link* pada FCO Trafo.



Gambar 4.5 PHB –TR Trafo 50 kVA 2 jurusan

PHB –TR Trafo 50 kVA 2 jurusan yang ada di penyulang Pagaruyung *NH Fuse* yang terpasang 125 Ampere dan *NH Fuse* yang seharusnya terpasang sesuai dengan hasil perhitungan adalah 40 Ampere. Apabila terjadi gangguan pada JTR seperti JTR dempet antara phase dengan phase atau phase dengan netral dengan terpasangnya *NH Fuse* melebihi hasil perhitungan akan mengakibatkan putusnya *Fuse Link* pada FCO Trafo.



Gambar 4.6 PHB –TR Trafo 50 kVA 2 jurusan

PHB –TR Trafo 50 kVA 2 jurusan yang ada di penyulang Pagaruyung *NH Fuse* yang terpasang 160 Ampere dan *NH Fuse* yang seharusnya terpasang sesuai dengan hasil perhitungan adalah 40 Ampere. Apabila terjadi gangguan pada JTR seperti JTR dempet antara phase dengan phase atau phase dengan netral dengan terpasangnya *NH Fuse* melebihi hasil perhitungan akan mengakibatkan putusnya *Fuse Link* pada FCO Trafo.

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

- 1 Rating *Nieder Spannung Hoch Leistung Fuse (NH Fuse)* dan *Fuse Link* pada *Fuse Cut Out FCO*.

Sesuai dengan perhitungan SPLN D3.026:2017 bahwa ada beberapa gardu di Penyulang Pagaruyung yang tidak sesuai pemasangan *NH Fuse* dan *Fuse Link*. Seperti pada gardu G139T, G226T, G203T dan G315T untuk *Fuse Link*. Sedangkan untuk *NH Fuse* semua gardu tidak sesuai pemasangannya.

- 2 Akibat terpasangnya *NH Fuse* terlalu besar atau tidak sesuai SPLN D3.026:2017 dan terjadinya pendempetan pada jaringan Tegangan rendah maka mengakibatkan putusya *Fuse Link* pada FCO.

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisis, terdapat beberapa saran dalam penelitian ini yaitu:

- a. Perlu pemasangan *Fuse Link* pada FCO sesuai hasil perhitungan atau disesuaikan dengan SPLN D3.026:2017.
- b. Pemasangan *NH Fuse* juga harus sesuai hasil perhitungan atau pembulatannya, jangan sampai melebihi, kalau melebihi akan menyebabkan kerusakan pada tranformator (*over load*).

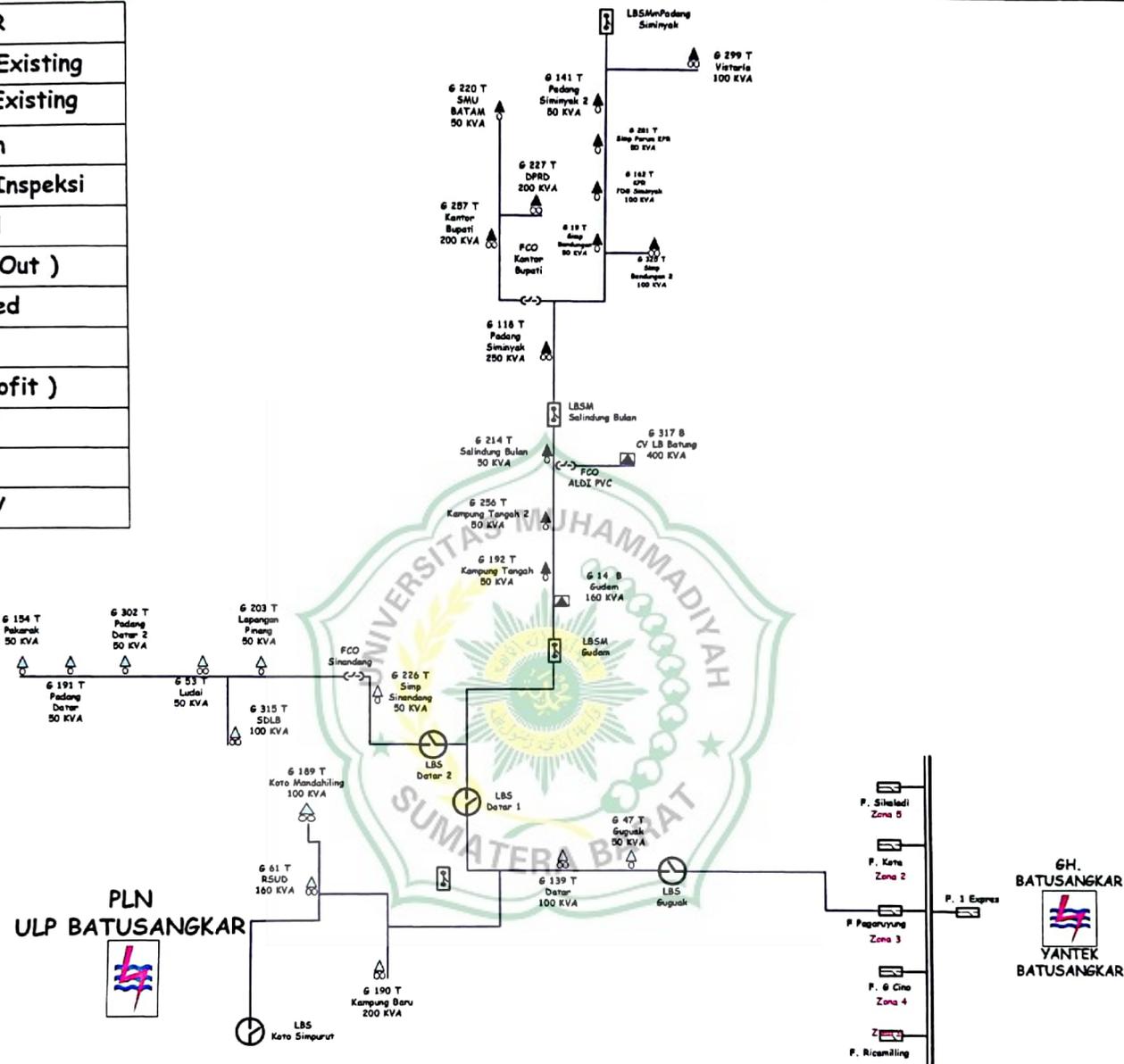
DAFTAR PUSTAKA

1. F. NOVIANTI, "Analisa Gangguan Gardu Distribusi GT.PUN 03 Perumahan Griya Panakukang Indal Jalan Herstasning Barat," J. Teknol. Elekterika, vol. 16, no. 2, p. 73, 2019, doi: 10.31963/elekterika.v16i2.1557.
2. Pasra and N. G. Pahiyanti, "Gangguan Pada Gardu Distribusi Tipe Portal," Jurnal Energi dan Kelistrikan, vol. 8, no. 1. p. 46, 2016.
3. H. Nugroho and I. Setiono, "Koordinasi Recloser Dengan FCO (Fuse Cut Out) Sebagai Pengaman Terhadap Gangguan Arus Lebih Pada Penyulang Dengan 1 Fasa Di Gardu Induk Sanggrahan Magelang," Univ. Diponegoro, pp. 215–218, 2015.
4. Cekmas Cekdin, "Sistem Tenaga Listrik," ELTEK, Vol 11 Nomor 01, pp. 1–293, 2013.
5. S. Sudirham, Analisis Sistem Tenaga. 2012.
6. IDX Coop Kemenkop, "Profil Perusahaan SAKTI," 2018,[Online].Available: <http://idxcoop.kemenkopukm.go.id/profil-perusahaan-sakti/>.
7. I. W. S. Nindiyubudoyo, Proteksi Sistem Distribusi Tenaga Listrik. 2012.
8. M. pd. Drs.F.J.Tasiam, Proteksi Sistem Tenaga Listrik. 2012.
9. Y. Yusmartato, R. Nasution, and Armansyah, "Pemilihan Fuse Cut Out Untuk Pengaman Transformator Distribusi 400 KVA," JET (Journal Electr. ..., vol. 4, no. 2, pp. 73–79, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/1619>.
10. Politeknik Negeri Ujung Pandang. 2015. Pedoman Penulisan Proposal dan Laporan Tugas Akhir Diploma Tiga (D-3) Bidang Rekayasa dan Tataniaga. Makassar
11. Pratomo, Ligan Budi. "Pemeliharaan Papan Hubung Bagi Teganga Rendah Di PT PLN (Persero) Unit Layanan Salatiga." state polytecnic of Semarang, 2015.
12. Purnomo, Tri Joko. "Studi Analisis Gangguan Gardu Distribusi Dan Upaya Mengatasinya Di Pln Area Tanjung Priok." JURNAL ENERGI DAN KELISTRIKAN 9 (2017)

13. Rian, Yami. "Management Pemeliharaan Dan Perbaikan Gardu Distribusi." Politeknik Negeri Bandung, 2015.
14. Suhadi, dkk a. Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 2. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar Dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
15. Suhadi, dkk b. Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 3. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008



KETERANGAN GAMBAR	
	Gardu Satu Tiang Existing
	Gardu Dua Tiang Existing
	Gardu Beton
	Rencana Gardu di Inspeksi
	LBS Manual
	FCO (Fuse Cut Out)
	LBS Motorized
	PMT
	MO (Metering ofit)
	Line 20 KV
	ACOS TM
	LBS 3 WAY



SINGLE LINE DIAGRAM 20 KV		SKALA 1 : 1000000	KETERANGAN		
			DIGAMBAR	HUSNIL FATHORIK	
ULP BATUSANGKAR		NO	BP	DIPERIKSA	ANDRY ASRIADY
				DISETUJUI	MESDIYONO



PT. PLN. (PERSERO) UIW SUMBAR
UP3 PAYAKUMBUH
ULP BATUSANGKAR

TABEL INSPEKSI GARDU

No	Nama Gardu	Nomor Gardu	KVA Trafo	Beban (A)																Tegangan (V)					
				Utama				Jurusan I				Jurusan II				Jurusan III				RS		RT		ST	
				R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N	RS	RT	ST	RN	SN	TN
1	Guguak	G 47 T	50	14	27	7	19													402	404	401	233	231	231
2	Datar	G 139 T	100	86	51	73	47	53	45	53	24	35	5	19	24					402	403	402	232	232	232
3	Kampung baru	G 190 T	200	127	144	118	74	45	59	43	35	64	78	56	48	17	19	13	13	399	396	400	228	231	231
4	RSUD	G 61 T	160	110	113	111	40	91	96	93	27	9	14	15	17	6	3	2	6	402	402	403	233	233	231
5	Koto Mandahiling	G 189 T	100	65	72	68	54	30	35	32	28	22	23	27	24	13	15	6	10	402	403	402	232	233	232
6	Sinandang	G 226 T	50	56	34	38	30	47	23	30	27	6	12	8	9					401	403	402	231	233	232
7	Lapangan Pinang	G 203 T	50	13	14	15	9	9	9	13	9	3	6	8	4					402	403	403	231	233	233
8	SDLB	G 315 T	100	86	56	94	62	34	15	14	27	53	40	75	46					401	400	401	231	230	231
9	Ludai	G 53 T	50	36	18	38	25	1	1	3	3	35	18	25	25					400	401	402	233	232	231
10	Padang Datar 2	G 302 T	50	28	30	27	29	17	19	18	18	11	12	10	11					403	402	403	233	232	231
11	Padang Datar	G 191 T	50	40	36	34	38	27	12	18	18	36	31	15	29					402	401	402	231	230	231
12	Pakarak	G 154 T	50	22	39	29	35	1	2	6	6	20	36	22	30					400	401	400	230	231	230

Batusangkar 23 April 2023

ANDRY ASRIADY