

SKRIPSI

**STUDI UNJUK KERJA RECLOSER
PADA JARINGAN DISTRIBUSI SUTM 20 KV
PENYULANG GUNUNG MAS GI PANGKEP**

Disusun dan diajukan oleh:

SRI SUDARNI

D41114322



**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

SKRIPSI

**STUDI UNJUK KERJA RECLOSER
PADA JARINGAN DISTRIBUSI SUTM 20 KV
PENYULANG GUNUNG MAS GI PANGKEP**

Disusun dan diajukan oleh:

SRI SUDARNI

D41114322



**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
STUDI UNJUK KERJA RECLOSER
PADA JARINGAN DISTRIBUSI SUTM 20 KV
PENYULANG GUNUNG MAS GI PANGKEP

Disusun dan diajukan oleh:

SRI SUDARNI
D41114322

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 03 Agustus 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Yusri Syam Akil, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 19770322 200501 1 001


Dr. Ikhlas Kitta, ST, M.T.

NIP. 19760914 200801 1 006

Ketua Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT.

NIP. 19691026 199412 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : SRI SUDARNI
NIM : D41114322
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
JENJANG : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya yang berjudul

**STUDI UNJUK KERJA RECLOSER
PADA JARINGAN DISTRIBUSI SUTM 20 KV
PENYULANG GUNUNG MAS GI PANGKEP**

Adalah karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 17 Agustus 2021

Yang menyatakan,



SRI SUDARNI

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahiim. Alhamdulillahirabbil'aalamin. Segala puji bagi Allah subhanahu wata'ala atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Studi Unjuk Kerja Recloser Pada Jaringan Distribusi SUTM 20 kV Penyulang Gunung Mas GI Pangkep". Tugas Akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 di Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, ada berbagai kendala dan hambatan yang didapati oleh penulis baik kendala teknik maupun nonteknis. Namun berkat bantuan dari berbagai pihak yang terlibat, Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis dengan kerendahan hati mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Yusri Syam Akil, ST.,MT.,Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan, motivasi dan saran selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ikhlas Kitta, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan bimbingan, motivasi dan saran selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Ir. Hj. Sri Mawar Said M.T., Ir. Gassing, M.T., dan Alm. Prof. Tola selaku penguji dalam ujian tugas akhir ini yang selalu memberikan saran yang bermanfaat.
4. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. selaku ketua Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Seluruh dosen, staf pengajar dan pegawai Departemen Teknik Elektro atas segala ilmu, bantuan dan kemudahan yang diberikan selama penulis menempuh proses perkuliahan.
6. Seluruh pihak PT. PLN (Persero) Area Makassar Utara yang telah membantu dalam memperoleh data-data yang diperlukan.

7. Orangtua tercinta, Ibunda Hadinah Arsyad dan Ayahanda Sudirman M yang senantiasa mendoakan, memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
8. Suami tercinta Rendi Andika yang memberikan dukungan penuh dalam segala bentuk dengan penuh kasih dan keikhlasan.
9. Anak tersayang Daffa Alfarizqi Andika dan Della Fariza Andika yang selalu menjadi motivasi utama.
10. Saudara penulis Raihana atas segala dukungan dan saran yang diberikan.
11. Bapak dan Ibu Mertua Ibunda Hj. Syamsiana dan Ayahanda Kaharuddin yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
12. Kepada saudara Bagus Irawan Saputra yang telah memberikan ilmu dan sebagian waktunya untuk membantu penulis dalam memahami software yang digunakan.
13. Kepada saudari Shelvyana Pawiloi, Azizah Fauziah Misbahuddin, dan Monica Fricilia Santoso, yang telah membantu dan memberikan motivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini
14. Seluruh teman-teman RECTIFIER'14 yang telah memberikan semangat dan dukungan.
15. Seluruh pihak yang telah memberikan dukungan yang tidak sempat penulis sebutkan.

Demikian ungkapan terima kasih penulis kepada seluruh pihak. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Akhir kata, semoga penelitian ini bermanfaat bagi penulis sendiri, institusi dan masyarakat.

Gowa, Juli 2021

Penulis

ABSTRAK

Sistem proteksi merupakan hal utama untuk menjaga keandalan suatu sistem tenaga listrik. Peralatan proteksi digunakan untuk membatasi wilayah gangguan agar tidak meluas. Skripsi ini membahas mengenai studi unjuk kerja recloser pada jaringan distribusi SUTM 20 kV Penyulang Gunung Mas GI Pangkep. Penelitian ini disimulasikan dengan menggunakan software ETAP. Data yang digunakan dalam simulasi merupakan data GI Pangkep dan difokuskan pada salah satu penyulang di GI Pangkep yaitu Penyulang Gunung Mas. Penyulang Gunung Mas diproteksi menggunakan dua recloser yaitu recloser masdar dan recloser tabo-tabo. Berdasarkan data gangguan yang terjadi pada tanggal 06 Februari 2018, terjadi kegagalan proteksi pada penyulang Gunung Mas. Recloser Masdar sebagai main protection yang harusnya mengamankan daerah tersebut gagal sehingga recloser tabo-tabo juga trip. Setelah dilakukan simulasi menggunakan software ETAP dapat dilihat bahwa kegagalan yang terjadi disebabkan karena efektivitas CT yang tidak maksimal serta sensitivitas waktu kerja relay yang hampir sama. Selanjutnya dilakukan beberapa simulasi untuk menentukan nilai arus hubung singkat yang digunakan untuk setting recloser masdar dan tabo-tabo. Recloser yang digunakan untuk mengatasi gangguan yang terjadi menggunakan dua relay yang bekerja secara instan dan directional. Adapun settingan yang dilakukan yaitu pada relay tabo-tabo forward $I_{set} = 0.9$ A. Pada relay tabo-tabo reverse yaitu $I_{set} = 0.9$ A. Pada relay masdar forward $I_{set} = 0.2$ A. Dan pada relay masdar reverse yaitu $I_{set} = 0.1$ A. Dan dari hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa settingan recloser yang digunakan dapat memproteksi penyulang Gunung Mas dengan baik.

Kata Kunci : Unjuk Kerja Recloser, distribusi, hubung singkat

ABSTRACT

The protection system is main to maintain the reliability of an electricity system. Protection equipment is used to limit the interference area so that it does not expand. This thesis discusses the study of recloser performance on the distribution network of SUTM 20 kV Feeder Gunung Mas GI Pangkep. This research is simulated using ETAP software. The data used in the simulation is GI Pangkep data and is focused on one of the feeders at GI Pangkep, namely Gunung Mas Feeder. The Gunung Mas feeder is protected using two reclosers, namely the masdar recloser and the tabo-tabo recloser. Based on data on disturbances that occurred on February 6, 2018, there was a protection failure on the Gunung Mas feeder. The Masdar recloser as the main protection which was supposed to secure the area failed so the tabo-tabo recloser also trips. After the simulation using ETAP software, it can be seen that the failure that occurred was caused by the effectiveness of the CT which was not maximized and the sensitivity of the relay working time was almost the same. Furthermore, several simulations were carried out to determine the value of the short circuit current used for setting the masdar and tabo-tabo recloser. The recloser that is used to overcome the disturbance that occurs uses two relays that work instantaneously and directionally. The settings made are on the forward tabo-tabo relay $I_{set} = 0.9$ A. In the reverse tabo-tabo relay, $I_{set} = 0.9$ A. In the forward masdar relay $I_{set} = 0.2$ A. And on the reverse masdar relay, $I_{set} = 0.1$ A. And from the simulation results can be concluded that the recloser setting used can protect the Gunung Mas feeder well.

Keywords: Recloser performance, distribution, short circui

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metode Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Distribusi	5
2.2 Gangguan Pada Jaringan Distribusi 20 KV	10

2.3 Sistem Proteksi	12
2.4 Penutup Balik Otomatis (Recloser)	15
2.5 Relay Proteksi	24
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	28
3.1 Jenis Penelitian	28
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	28
3.3 Prosedur Penelitian	28
3.4 Diagram Alir Penelitian	28
3.5 Perencanaan Simulasi	29
3.6 Data GI Pangkep.....	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Single Line Diagram GI Pangkep.....	33
4.2 Simulasi Aliran DayaPenyulang Gunung Mas	34
4.3 Simulasi Saat Recloser Masdar gagal	35
4.4 Simulasi Untuk Menentukan Settingan Recloser	37
4.5 Simulasi Untuk Melihat Unjuk Kerja Recloser	45
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Jaringan Radial.....	7
Gambar 2.2 Struktur Jaringan Loop.....	6
Gambar 2.3 Struktur Jaringan spindel.....	7
Gambar 2.4 Struktur Jaringan Hantaran Hubung.....	8
Gambar 2.5 Struktur Jaringan Hantaran cluster.....	9
Gambar 2.6 Recloser Fasa Tunggal	16
Gambar 2.7 Recloser Fasa Tiga	17
Gambar 2.8 Proses Kerja dari Auto Recloser	19
Gambar 2.9 Bentuk Buka Tutup Hingga Mengunci Dari Recloser	20
Gambar 2.10 Rangkaian Kotak Kontrol Elektronik.....	21
Gambar 2.11 Diagram Satu Garis Current Transformer Pada Recloser	21
Gambar 2.12 Ketika Terjadi Gangguan Pada Bus	22
Gambar 2.13 Grafik Pemutus Recloser.....	23
Gambar 2.14 Recloser Mengalami Gangguan sesaat.....	23
Gambar 2.15 Grafik Pemutus Recloser Jika Terjadi Gangguan Sesaat	23
Gambar 2.16 Grafik Pemutus Recloser Jika Terjadi Gangguan Permanen	24
Gambar 2.17 Karakteristik Relay Arus Lebih Instant.....	25
Gambar 2.18 Karakteristik Relay Arus Lebih Definite	25
Gambar 2.19 Karakteristik Relay Arus Lebih Inverse	26

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3.2 Single line diagram GI Pangkep	30
Gambar 3.3 Single line diagram penyulang gunung mas	31
Gambar 3.4 Gangguan pada daerah masdar	32
Gambar 4.1 Single line diagram GI Pangkep	33
Gambar 4.2 Single line diagram penyulang Gunung Mas	34
Gambar 4.3 Aliran Daya pada penyulang Gunung Mas	34
Gambar 4.4 Simulasi pada saat terjadi gangguan pada daerah Masdar	36
Gambar 4.5 Arus hubung singkat saat terjadi gangguan.....	36
Gambar 4.6 Arus hubung singkat pada bus 3	38
Gambar 4.7 Arus hubung singkat pada bus 3	38
Gambar 4.8 Arus hubung singkat pada bus 5	39
Gambar 4.9 Arus Hubung Singkat Pada Bus 1	40
Gambar 4.10 Arus Hubung Singkat Pada Bus 2	40
Gambar 4.11 Arus Hubung Singkat Pada Bus 6	41
Gambar 4.12 Arus Hubung Singkat Pada Bus 3	42
Gambar 4.13 Arus Hubung Singkat Pada Bus 4	43
Gambar 4.14 Arus hubung singkat Pada Bus 5	43
Gambar 4.15 Recloser Masdar Berhasil.....	46
Gambar 4.16 Arus Hubung Singkat Yang Terdeteksi Recloser Masdar	46
Gambar 4.17 Recloser Masdar dan Recloser tabo-tabo bekerja	47

Gambar 4.18 Arus Hubung Singkat Yang Terdeteksi Recloser Masdar dan Tabo-tabo	48
Gambar 4.15 Recloser tabo-tabo bekerja	49
Gambar 4.15 Arus Hubung Singkat Yang Terdeteksi Recloser tabo-tabo.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Setelan Relay GFR untuk Recloser Tabo-tabo dan Masdar	32
Tabel 4.1 Aliran Daya pada Penyulang Gunung Mas.....	35
Tabel 4.2 Settingan Recloser Masdar Dan Tabo-Tabo	35
Tabel 4.3 Arus yang mengalir saat Recloser Masdar Gagal	37
Tabel 4.4 Arus Hubung Singkat Pada Bus 3,4, dan 5	39
Tabel 4.5 Arus Hubung Singkat Pada Bus 1 dan 2	41
Tabel 4.6 Arus Hubung Singkat Pada Bus 3,4, dan 5	44
Tabel 4.7 Settingan recloser masdar dan tabo-tabo	44
Tabel 4.8 Arus Hubung Singkat Saat Terjadi Gangguan Pada Daerah Masdar	45
Tabel 4.9 Arus Hubung Singkat Saat Terjadi Gangguan Pada Daerah Tengah	47
Tabel 4.10 Arus Hubung Singkat Saat Terjadi Gangguan Pada Daerah Tabo-tabo	48

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Pada saat ini listrik merupakan kebutuhan pokok bagi manusia karena hampir semua aktivitas membutuhkan energi listrik. Dalam hal ini PT PLN Persero sebagai pemasok listrik utama harus mampu melayani seluruh kebutuhan listrik masyarakat dengan baik. PT PLN Persero merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak pada bisnis penyediaan jasa ketenaga listrikan kepada pelanggan. Pendapatan utama PT PLN Persero adalah energi listrik yang dijual dalam satuan KWH. Namun, Tarif Dasar Listrik (TDL) yang masih ditentukan oleh pemerintah menyebabkan PT PLN Persero tidak maksimal dalam menjalankan bisnis selayaknya sebuah perusahaan yang berorientasi profit. Oleh karena itu, upaya yang dilakukan untuk meningkatkan pendapatan perusahaan adalah mengurangi potensi tidak terjualnya energi listrik yang telah dibangkitkan dan disalurkan melalui Jaringan Tegangan Menengah dan Tegangan Rendah yang disebabkan oleh gangguan jaringan distribusi listrik.

Dalam hal ini saluran distribusi dapat ditingkatkan dengan adanya sistem proteksi yang baik. Sistem proteksi merupakan hal vital untuk menjaga keandalan suatu sistem ketenagalistrikan. Peralatan proteksi digunakan untuk membatasi wilayah gangguan agar tidak meluas. Keandalan suatu sistem tenaga listrik salah satunya bergantung pada peralatan proteksi yang digunakan. Setting yang salah pada peralatan proteksi dapat menyebabkan respon yang salah terhadap gangguan dari sebuah peralatan proteksi. Oleh sebab itu dalam perancangan suatu sistem tenaga listrik, perlu dipertimbangkan kondisi-kondisi gangguan yang mungkin terjadi pada sistem agar dapat meminimalisir terjadinya gangguan.

Penyulang Gunung Mas merupakan salah satu dari lima penyulang yang dimiliki oleh GI Pangkep. Pada penyulang Gunung Mas terdapat recloser tabo-tabo dan recloser Masdar. Recloser Masdar dipasang dengan tujuan untuk mengurangi

daerah pemadaman pada saat terjadi gangguan. Namun, pada tanggal 06 Februari terjadi gangguan hubung singkat dan terjadi kegagalan trip pada recloser Masdar. Kegagalan ini tentunya tidak diharapkan terjadi karena dapat memperluas daerah yang merasakan terjadinya gangguan. Dari permasalahan tersebut maka diangkatlah tema ini dengan tujuan untuk mengatasi kegaagalan proteksi yang terjadi pada penyulang Gunung Mas.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan di atas, maka dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana settingan yang dilakukan pada recloser yang menyebabkan kegagalan proteksi penyulang Gunung Mas?
2. Bagaimana unjuk kerja recloser yang seharusnya diterapkan untuk mengatasi kegagalan proteksi?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis setting recloser yang menyebabkan kegagalan proteksi pada penyulang Gunung Mas.
2. Untuk mengetahui unjuk kerja recloser yang seharusnya diterapkan untuk mengatasi kegagalan proteksi pada penyulang tersebut.

1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini membatasi masalah penelitian guna mengoptimalkan hasil penelitian. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini memusatkan penelitian hanya pada penyulang Gunung Mas yang berada di Pangkep.
2. Menentukan setting untuk recloser masdar dan recloser tabo-tabo untuk memproteksi penyulang gunung mas.

3. Simulasi dilakukan menggunakan software ETAP yang bertujuan untuk melihat simulasi unjuk kerja recloser.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai bahan masukan terhadap PT. PLN (Persero) Area Makassar Utara untuk mengevaluasi system proteksi pada jaringan distribusi 20 kV dan menentukan settingan pada recloser masdar dan recloser tabo-tabo.
2. Sebagai bahan acuan untuk akademisi maupun praktisi yang ingin melakukan penelitian lebih lanjut.

1.6. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini antara lain :

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan cara mencari serta mempelajari buku-buku, jurnal dan penelitian yang telah dilakukan yang berkaitan dengan permasalahan yang terdapat pada penelitian ini.

2. Pengumpulan Data

Berupa pengambilan data sekunder yang digunakan sebagai data pendukung dalam penelitian ini.

3. Metode Analisis Data

Analisis data ini dilakukan dengan cara mensimulasikan data yang telah diperoleh sehingga menghasilkan simpulan sementara mengenai penelitian ini. Dalam hal penelitian ini dilakukan analisis data berdasarkan simulasi dengan menggunakan data yang diperoleh.

4. Kesimpulan

Kesimpulan ini diperoleh setelah didapatkan hasil dari simulasi atau pengolahan data yang dimana menunjukkan hasil akhir dari permasalahan penelitian ini.

1.7.Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terbagi menjadi 5 bab dengan rincian setiap bab adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan tentang teori dasar atau teori umum yang membahas tentang hal-hal yang terkait dengan jangsan distribusi dan sistem proteksi.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang perencanaan dan pengambilan data di PT. PLN (Persero) Area Makassar Utara serta diagram alir penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi pembahasan mengenai hasil penelitian terkait studi unjuk kerja recloser pada jaringan distribusi SUTM 20 kV penyulang Gunung Mas GI Pangkep berdasarkan hasil simulasi dengan skenario yang telah ditetapkan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan pembahasan hasil penelitian dan saran-saran untuk perbaikan dan penyempurnaan tugas akhir ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Distribusi

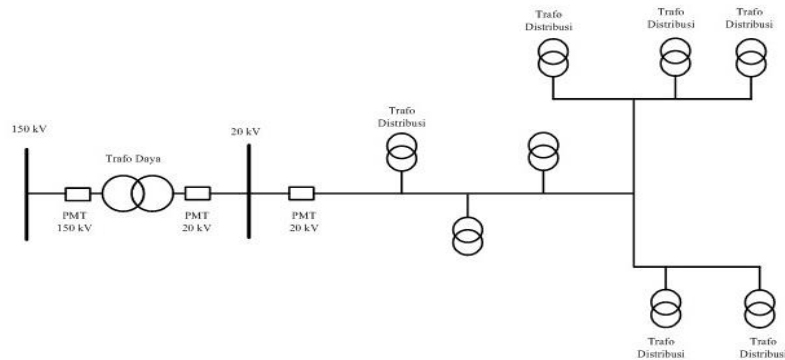
Jaringan distribusi tenaga listrik adalah jaringan tenaga listrik yang memasok kelistrikan ke beban (pelanggan) menggunakan tegangan menengah 20 kV dan tegangan rendah 220-380 V atau 231-400 V. Jaringan distribusi dengan tegangan menengah 20 kV disebut dengan jaringan distribusi primer, dimana jaringannya menggunakan antara lain:

- a. saluran kabel tegangan menengah (SKTM), menggunakan kabel XLPE
- b. saluran udara tegangan menengah (SUTM), menggunakan kawat A3C, A2C, ACSR atau twisted cable [1].

Struktur jaringan yang berkembang di suatu daerah merupakan kompromi antara alasan-alasan teknis di satu sisi dan ekonomis di sisi lain. Artinya dalam penentuan struktur jaringan untuk suatu instalasi perlu mempertimbangkan alasan teknis dan alasan ekonomis. Ada beberapa tipe jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV sebagai berikut :

2.1.1. Jaringan Radial

Sistem distribusi dengan pola Radial seperti gambar di bawah ini adalah sistem distribusi yang paling sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.

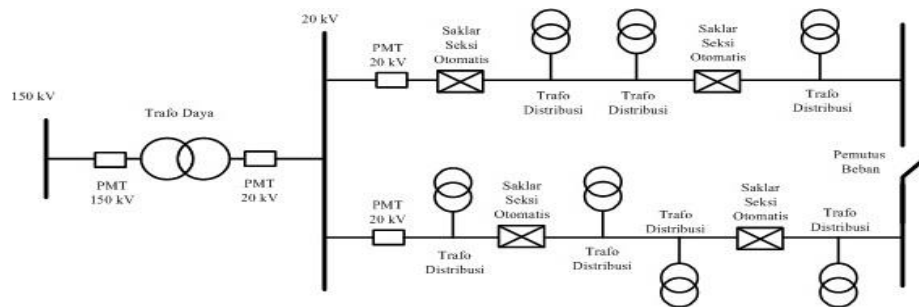


Gambar 2.1. Struktur Jaringan Radial [3]

Keuntungan dari sistem ini adalah sistem ini tidak rumit dan lebih murah dibanding dengan sistem yang lain. Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding dengan sistem lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam. Kerugian lain yaitu mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik, hal ini dikarenakan jatuh tegangan terbesar ada diujung saluran [3].

2.1.2. Jaringan Loop (melingkar)

Sistem ini disebut rangkaian tertutup, karena saluran primer yang menyalurkan daya sepanjang daerah beban yang dilayaninya membentuk suatu rangkaian tertutup.



Gambar 2.2. Struktur Jaringan Loop (Melingkar/Ring) [3]

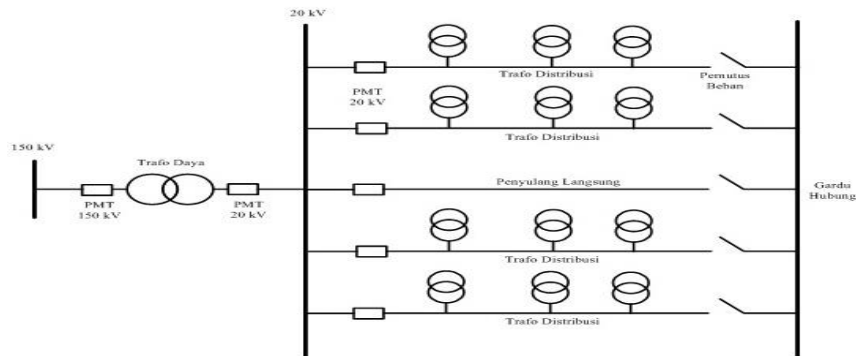
Pada gambar tampak bahwa pada bagian-bagian tertentu dari sistem rangkaian tertutup dipasang peralatan pemisah/penghubung untuk memerlukan saluran bagian (seksi-seksi), guna memblokir gangguan yang mungkin terjadi pada sistem. Antara saluran primer yang satu dengan saluran primer lainnya juga dipasang peralatan pemutus seksi otomatis yang berfungsi sebagai Loop switch. Untuk memisahkan saluran secara otomatis bila saat salah satu salurannya mengalami gangguan. Pengoperasian dari peralatan pemutus ini juga akan meentukan menentukan pengoperasian normally open (NO) maka system akan bekerja sebagai loop terbuka, sedangkan untuk pengoperasian normally closed (NC) maka system akan bekerja sebagai loop tertutup [4].

Pada jaringan tegangan menengah struktur lingkaran (Loop) dimungkinkan pemasokannya dari beberapa gardu induk, sehingga dengan demikian tingkat keandalannya relatif lebih baik dibandingkan dengan pola konfigurasi jaringan Radial. Pelaksanaan manuver jaringan baik untuk keperluan pemeliharaan maupun akibat gangguan dapat lebih mudah dilakukan karena dapat dipikul lebih dari satu gardu induk [3].

Sistem rangkai tertutup banyak digunakan untuk mensuplai daerah beban dengan kerapatan beban yang cukup tinggi, seperti beban-beeban industri, beban komersial, rumah sakit dan sebagainya. Sifat-sifat lain yang dimiliki oleh rangkaian tertutup adalah drop tegangannya cukup rendah. Tingkat keandalan cukup tinggi dan cukup baik perluasan jaringan [4].

2.1.3. Jaringan spindle

Sistem Spindel adalah suatu pola kombinasi jaringan dari pola Radial dan Ring. Spindel terdiri dari beberapa penyulang (feeder) yang tegangannya diberikan dari Gardu Induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah Gardu Hubung (GH). Pada sebuah spindel biasanya terdiri dari beberapa penyulang aktif dan sebuah penyulang cadangan (express) yang akan dihubungkan melalui gardu hubung. Dengan suplai ke beberapa penyulang dan dengan kemungkinan manuver penyulang lebih dari satu, maka harus diperhitungkan dengan baik setting relay proteksi agar saat manuver tidak terjadi kesalahan kordinasi relay proteksi [3].



Gambar 2.3. Struktur Jaringan Spindel [3]

Sistem spindle sangat baik digunakan untuk memenuhi kebutuhan:

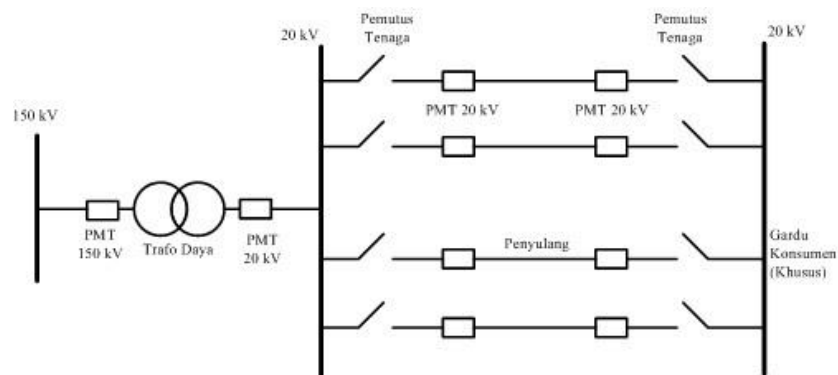
- a. Peningkatan keandalan/ kontinuitas pelayanan sistem.
- b. Penurunan/ penekanan rugi-rugi akibat gangguan pada sistem
- c. Sangat baik digunakan untuk mensuplai daerah beban yang memiliki kerapatan yang cukup tinggi.
- d. Perluasan jaringan dapat dilakukan dengan mudah/ baik.

Tingkat keandalan dari sistem spindle adalah yang paling baik diantara system jaringan distribusi lainnya, namun kerugiannya adalah biaya investasi awalnya cukup tinggi jika dibandingkan dengan pola jaringan yang sebelumnya [4].

2.1.4. Jaringan Hantaran Penghubung (Tie Line)

Sistem distribusi Tie Line digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam (Bandar Udara, Rumah Sakit, Kantor Pemerintahan, dan lain-lain). Sistem ini memiliki minimal dua penyulang sekaligus dengan tambahan Automatic Change Over Switch/Automatic Transfer Switch, setiap penyulang terkoneksi ke gardu pelanggan khusus tersebut sehingga bila salah satu penyulang mengalami gangguan maka pasokan listrik akan di pindah ke penyulang lain.

Berikut contoh single line diagram struktur Jaringan Hantaran Penghubung (Tie Line) :

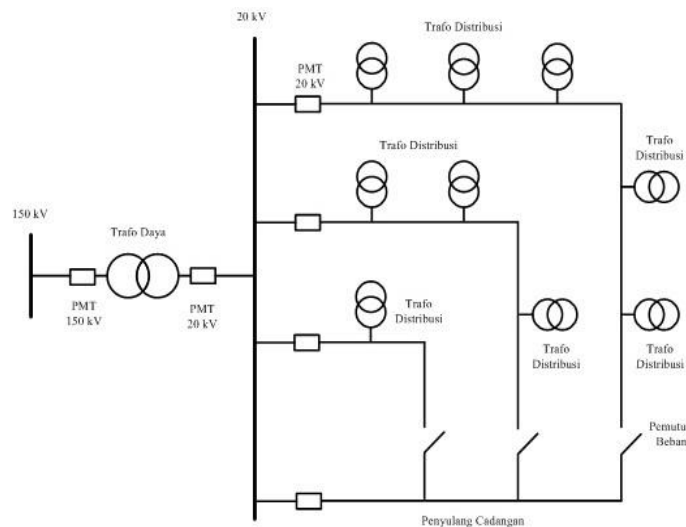


Gambar 2.4. Struktur Jaringan Hantaran Hubung (Tie Line) [3]

2.1.5. Jaringan Anyaman (Mesh/Grid/Gugus/Cluster)

Konfigurasi Gugus banyak digunakan untuk kota besar yang mempunyai kerapatan beban yang tinggi. Dalam sistem ini terdapat Saklar Pemutus Beban, dan penyulang cadangan.

Berikut contoh single line diagram struktur Jaringan Anyaman (Mesh/Grid/Gugus/Cluster) :



Gambar 2.5. Struktur Jaringan Cluster [3]

Di mana penyulang ini berfungsi bila ada gangguan yang terjadi pada salah satu penyulang konsumen maka penyulang cadangan inilah yang menggantikan fungsi suplai ke konsumen.

Konstruksi JTM yang banyak digunakan adalah saluran udara yang digelar di alam bebas walaupun ada juga JTM yang menggunakan SKTM. Konduktor ditarik dari tiang ke tiang dengan ketinggian di atas tanah rata-rata kurang lebih 13 m. Pada tiap tiang, konduktor diikatkan ke isolator 24 kV di mana isolator tersebut terpasang di travers. Jenis isolator yang digunakan adalah isolator tumpu dan isolator tarik yang berbahan porselen/keramik. Setiap titik jaringan yang akan masuk gardu /Transformator dipasang arrester [3].

2.2. Gangguan pada jaringan Distribusi 20 kV

Permasalahan yang harus dihadapi dalam sistem ketenagalistikan saat ini adalah masalah gangguan. Jumlah gangguan yang terjadi menentukan tingkat keberhasilan suatu sistem proteksi dalam mengamankan sistem. Berikut macam-macam gangguan dalam Jaringan Distribusi Primer 20 kV :

2.2.1. Gangguan Beban Lebih

Gangguan ini sebenarnya bukan gangguan murni, tetapi bila dibiarkan terus-menerus berlangsung dapat merusak peralatan listrik yang dialiri oleh arus tersebut. Hal ini disebabkan karena arus yang mengalir melebihi dari Kemampuan Hantar Arus dari peralatan listrik, di mana pengaman listrik (relai, MCB atau fuse) yang terpasang arus pengenalnya atau setelahnya melebihi kemampuan hantar arus peralatan listrik. Misalnya pada sistem 20 kV setelan OCR adalah 300 A, tetapi pemakaian penghantar untuk memasok beban mempergunakan kabel XLPE $3 \times 150 \text{ mm}^2$, KHanya 264 A, saat beban 290 A, relai tidak trip sehingga kabel panas. Jadi beban lebih dapat terjadi karena peningkatan beban pada generator, transformator tenaga atau penghantar listrik.

2.2.2. Gangguan Hubung Singkat

Gangguan Hubung Singkat dapat terjadi antar fasa (3 fasa atau 2 fasa), dua fasa ke tanah dan satu fasa ke tanah yang sifatnya bisa temporer atau permanen.

- a. Gangguan Permanen antara lain bisa terjadi pada kabel atau belitan transformator tenaga yang disebabkan karena arus gangguan hubung singkat antara fasa atau fasa ke tanah, sehingga penghantar menjadi panas yang berpengaruh pada isolasi atau minyak transformator tenaga, sehingga isolasi tembus.
- b. Gangguan Temporer, gangguan ini biasanya terjadi pada saluran udara tegangan menengah yang tidak mempergunakan isolasi antara lain disebabkan karena adanya sambaran petir pada penghantar listrik yang tergelar diudara/Saluran

Udara Tegangan Menengah (SUTM) yang menyebabkan flash over antara penghantar dengan travers melalui isolator.

Penghantar tertiuip angin yang dapat menimbulkan gangguan antar fasa atau penghantar fasa menyentuh pohon yang dapat menimbulkan gangguan 1 fasa ke tanah. Gangguan ini yang tembus (breakdown) adalah isolasi udaranya, oleh karena itu tidak ada kerusakan yang permanen. Setelah arus gangguannya terputus, misalnya karena terbukanya circuit breaker oleh relai pengamannya, peralatan atau saluran yang terganggu tersebut siap dioperasikan kembali.

Kemudian dijelaskan pula bahwa gangguan hubung singkat dapat merusak peralatan antara lain secara Thermis maupun secara Mekanis.

1. Gangguan Tegangan Lebih, gangguan tegangan lebih terjadi akibat adanya kelainan pada sistem tenaga listrik, antara lain tegangan lebih transient karena adanya surja petir yang mengenai peralatan listrik disebut surja petir atau saat pemutus (PMT) terbuka karena adanya gangguan listrik yang menimbulkan kenaikan tegangan disebut surja hubung.
2. Gangguan Ketidakstabilan (Instability), gangguan ketidakstabilan sistem disebabkan karena adanya gangguan hubung singkat di sistem tenaga listrik atau lepasnya pembangkit, dapat menimbulkan ayunan daya (power swing) yang mengurangi kontinuitas penyaluran sistem tenaga listrik.

Maka untuk mengurangi akibat-akibat negatif dari berbagai macam gangguan tersebut di atas maka perlu dilakukan berbagai upaya yaitu :

1. Mengurangi terjadinya gangguan :
 - a. Memakai peralatan yang dapat diandalkan (memenuhi persyaratan standar).
 - b. Penentuan spesifikasi yang tepat dan desain yang baik (tahan terhadap kondisi kerja normal/gangguan).
 - c. Pemasangan yang benar sesuai dengan desain.
 - d. Penggunaan kawat tanah pada saluran udara tegangan tinggi atau tegangan menengah.

- e. Penebangan/pemangkasan pohon-pohon yang dekat dengan saluran udara tegangan tinggi atau tegangan menengah.
 - f. Penggunaan kawat udara/kabel secara selektif.
2. Mengurangi akibat gangguan :
- a. Mengurangi besarnya arus gangguan.
 - b. Menggunakan tahanan pentanahan netral.
 - c. Penggunaan Lightning Arrester dan kordinasi isolasi.
 - d. Melepas bagian yang terganggu dengan mempergunakan Relai dan Pemutus (PMT).
 - e. Pelepasan bagian sistem yang terganggu antara lain penggunaan jenis relai yang tepat dan kordinasi relai, penggunaan saluran double, penggunaan sistem loop, penggunaan Automatic Reclosing atau Sectionalizer, penggunaan konfigurasi spindle pada jaringan tegangan menengah.
 - f. Penggunaan peralatan cadangan [1].

2.3.Sistem Proteksi

Filosofi dasar dari sistem proteksi adalah bagaimana melindungi system tenaga listrik dari akses gangguan yang terjadi pada sistem, dengan cara memisahkan gangguan tersebut dari system lainnya dengan cepat dan tepat [2]. Sistem proteksi bertujuan untuk mencegah atau membatasi kerusakan pada jaringan serta peralatannya. Sistem proteksi juga bertujuan untuk menjaga keselamatan umum yang disebabkan oleh gangguan dan juga untuk peningkatan pelayanan [5].

Perlindungan Jaringan Distribusi meliputi dua hal, yaitu :

1. Perlindungan terhadap hubung singkat (short circuit, sc) atau arus lebih (over current, oc) atau gangguan pada saluran atau peralatannya disebut perlindungan terhadap arus lebih
2. Perlindungan terhadap gangguan petir, disebut perlindungan terhadap tegangan lebih (over voltage, ov) [1].

Kualitas sistem proteksi yang diinginkan adalah yang cepat, selektif, dan andal. Kualitas tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Cepat berarti reaksi sistem proteksi tersebut harus secepat mungkin memisahkan daerah yang terganggu dari sistem lainnya, tanpa menimbulkan hal-hal lain yang menimbulkan bentuk gangguan baru pada sistem.
- b. Sensitive berarti sistem proteksi tersebut harus bereaksi terhadap gangguan yang bagaimanapun kecilnya selama gangguan tersebut termasuk dalam tugasnya.
- c. Selektif berarti sistem proteksi tersebut harus bereaksi dengan tepat, sehingga yang dipisahkan dari sistem hanya bagian yang terganggu, tanpa menyebabkan bagian lain yang tidak seharusnya terpisah dari sistem turut dipisahkan dari sistem.
- d. Andal berarti sistem proteksi tersebut akan bekerja sesuai dengan apa yang diharapkan, dimana keandalan dapat mengacu pada konsep “security” atau “dependability”.
- e. Keandalan dengan konsep security berarti suatu kepastian bahwa sistem proteksi tidak akan salah operasi, yang berarti sistem proteksi tidak akan bereaksi terhadap gangguan yang bukan diperuntukkan kepadanya, bagaimanapun besarnya gangguan tersebut. Sedangkan keandalan dengan konsep dependability berarti suatu kepastian bahwa sistem proteksi pasti bereaksi untuk kondisi yang dirasakan sebagai gangguan [2].

Adapun peralatan pengaman pada Jaringan Distribusi Primer 20 kV yang antara lain :

1. Pelebur (Fuse) atau Fuse Cut Out (FCO), adalah pengaman lebur yang ditempatkan pada sisi TM yang gunanya untuk mengamankan jaringan TM dan peralatan ke arah GI terhadap gangguan hubung singkat di transformator, atau sisi TM sebelum transformator. Untuk menentukan besarnya FCO yang terpasang harus diketahui arus nominal Transformator pada sisi TM dan besarnya nilai arus. FCO harus lebih besar dari arus nominal transformator sisi TM.

2. Pemutus Rangkaian (Circuit Breaker/CB), Pemutus (PMT) adalah saklar yang didesain untuk memutuskan arus gangguan hubung singkat, menghilangkan gangguan permanen dengan cara memisahkan dari bagian terganggu, bekerja secara otomatis.
3. Saklar Pemisah (PMS/Disconnect Switch) adalah saklar yang didesain memutus rangkaian listrik pada kondisi tanpa beban, bekerja secara manual.
4. Saklar Pemisah Beban (Load Break Switch/LBS) adalah saklar yang didesain untuk memutus rangkaian listrik/arus beban pada kondisi berbeban yang besarnya tidak lebih dari arus gangguan. LBS bekerja secara manual.
5. Penutup Balik Rangkaian Otomatis (Automatic Circuit Recloser) adalah alat perlindungan arus lebih yang waktu membuka atau menutupnya dapat diatur guna menghilangkan gangguan sementara, atau memutus gangguan permanen, bekerja secara otomatis.
6. Saklar Seksi Otomatis (Automatic Line Sectionalizer/ALS) adalah pengaman cadangan dari CB atau bekerja tidak sendirian, di mana peralatan ini dipasang jaringan udara tegangan menengah.
7. Arrester adalah alat untuk melindungi isolasi atau peralatan listrik terhadap tegangan lebih yang diakibatkan karena sambaran petir atau tegangan transient yang dari penyambungan atau pemutus rangkaian listrik dengan mengalirkan arus kejut ke tanah serta membatasi berlangsungnya arus ikutan dan mengembalikan keadaan jaringan pada kondisi semula tanpa mengganggu sistem tenaga listrik.
8. Relai (Relay) adalah alat yang peka terhadap perubahan pada rangkaian yang dapat mempengaruhi bekerjanya alat lain. Adapun relai yang terpasang terdiri dari :
 - a. Pengaman Gangguan antar Fasa (Over Current Relay/OCR) dipergunakan untuk mengamankan sistem distribusi jika ada gangguan hubung singkat 3 fasa atau 2 fasa. Pemasangannya dapat di incoming feeder (penyulang masuk), di outgoing feeder (penyulang keluar) atau di gardu hubung.

- b. Pengaman Gangguan Satu Fasa ke Tanah (Ground Fault Relay /GFR) dipergunakan untuk mengamankan sistem distribusi jika ada gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah. Pemasangannya dapat di incoming feeder (penyulang masuk), di outgoing feeder (penyulang keluar) atau di gardu hubung.
- c. Moment (instant) adalah sebagai pengaman untuk arus yang besar, pemasangannya juga dapat di incoming feeder (penyulang masuk), di outgoing feeder (penyulang keluar) atau di gardu hubung.
- d. Peralatan bantu untuk pengaman, terdiri dari :
 - 1) Current Transformer/Transformator Arus, gunanya adalah jika ada gangguan pada sistem, meneruskan arus dari sirkit sistem tenaga listrik ke sirkit Relay (pengukuran).
 - 2) Relai Pengaman, sebagai elemen perasa yang signalnya diperoleh dari transformator arus.
 - 3) Pemutus Tenaga (PMT), sebagai pemutus arus untuk mengisolir sirkit terganggu.
 - 4) Batterai/Aki, sebagai sumber tenaga untuk mentriapkan PMT.

Seluruh peralatan proteksi bertujuan memberikan perlindungan baik untuk peralatan maupun perlindungan terhadap manusia demi kelangsungan distribusi tenaga listrik [1].

2.4. Penutup Balik Otomatis (Auto Circuit Recloser)

Recloser merupakan suatu peralatan pengaman yang dapat mendeteksi arus lebih, karena hubung singkat antara antara fasa dengan fasa atau fasa dengan tanah, dimana recloser ini memutus arus dan menutup kembali secara otomatis dengan selang waktu yang dapat diatur sesuai dengan setting interval recloser [4].

Recloser adalah rangkaian listrik yang terdiri pemutus tenaga yang dilengkapi kotak kontrol elektronik (Electronic Control Box) recloser, yaitu suatu peralatan elektronik sebagai kelengkapan recloser dimana peralatan ini tidak berhubungan

dengan tegangan menengah dan pada peralatan ini recloser dapat dikendalikan cara pelepasannya. Dari dalam kotak kontrol inilah pengaturan (setting) recloser dapat ditentukan. Alat pengaman ini bekerja secara otomatis guna mengamankan suatu sistem dari arus lebih yang diakibatkan adanya gangguan hubung singkat.

Cara bekerjanya adalah untuk menutup balik dan membuka secara otomatis yang dapat diatur selang waktunya, dimana pada sebuah gangguan temporer, recloser tidak membuka tetap (lock out), kemudian recloser akan menutup kembali setelah gangguan itu hilang. Apabila gangguan bersifat permanen, maka setelah membuka atau menutup balik sebanyak setting yang telah ditentukan kemudian recloser akan membuka tetap (lock out) [3].

2.4.1. Fungsi recloser

Pada suatu gangguan permanen, recloser berfungsi memisahkan daerah atau jaringan yang terganggu sistemnya secara cepat sehingga dapat memperkecil daerah yang terganggu pada gangguan sesaat, recloser akan memisahkan daerah gangguan secara sesaat sampai gangguan tersebut akan dianggap hilang, dengan demikian recloser akan masuk kembali sesuai settingannya sehingga jaringan akan aktif kembali secara otomatis [4].

2.4.2. Klasifikasi Recloser

Recloser dapat diklasifikasi sebagai berikut :

- a. Menurut jumlah fasanya recloser dapat dibagi menjadi 2 yaitu :
 - 1) Fasa tunggal, recloser ini dipergunakan sebagai pengaman saluran fasa tunggal, misalnya saluran cabang fasa tunggal dari saluran utama fasa tiga. Berikut gambar fisik dari Recloser Fasa Tunggal :



Gambar 2.6. Recloser Fasa Tunggal [4]

- 2) Fasa tiga, umumnya untuk mengamankan saluran tiga fasa terutama pada saluran utama. Berikut gambar fisik dari Recloser Fasa Tiga :



Gambar 2.7. Recloser Tiga Fasa [4]

- b. Menurut media redam busbar apinya adalah :
- Media minyak (Bulb Oil)
 - Media hampa udara (Vaccum)
 - Media gas SF 6
- c. Menurut peralatan pengendalinya adalah :

Recloser terkendali hidraulik Recloser ini menggunakan kumparan penjatuh yang dipasang seri terhadap beban (seri trip coil). Bila arus yang mengalir pada recloser 200% dari arus settingnya, maka kumparan penjatuh akan menarik tuas yang secara mekanik membuka kontak utama recloser.

- d. Recloser terkontrol elektronik

Cara kontrol elektronik lebih fleksibel, lebih mudah diatur dan diuji secara lebih teliti dibanding recloser terkontrol hidrolis. Perlengkapan elektrolis diletakkan dalam kotak yang terpisah. Pengubah karakteristik, tingkat arus penjatuh, urutan operasi dari recloser terkontrol elektronik dapat dilakukan dengan mudah tanpa mematikan dan mengeluarkan dari tangki recloser [4].

2.4.3. Selang waktu penutup balik recloser

Ada beberapa macam selang waktu bekerja penutup balik otomatis atau recloser, interval dari recloser tersebut digunakan bergantung pada kebutuhan jaringan/yang diinginkan untuk keandalan. Berikut macam-macam selang waktu recloser :

a. Menutup balik seketika atau instantaneous reclosing

Membuka kontak paling singkat, agar tidak mengganggu daerah-daerah beban yang terdiri dari motor industri, irigasi, dan daerah yang tidak boleh padam terlalu lama. Ini sering dikerjakan untuk reclosing pertama dari urutan reclosing. Kerugian dari penutup pertama adalah cukup waktu untuk menghilangkan gangguan transient, seperti gangguan akibat cabang pohon yang mengenai penghantar, benang layang-layang, ionisasi gas dari bunga api yang timbul waktu gangguan dan belum hilang dalam waktu-waktu yang relatif singkat.

b. Waktu tunda (time delay)

- 1) Menutup kembali 2 detik Diharapkan dalam selang waktu ini telah cukup waktu untuk menghilangkan gangguan, transient dan menghilangkan ionisasi gas. Bila digunakan diantara fuse trip operational, maka waktu 2 detik ini cukup untuk mendinginkan di fuse beban.
- 2) Menutup kembali 5 detik. Selang waktu ini sering digunakan diantara operasi penjatuh tunda dari recloser substansi untuk memberikan kesempatan guna pendingin fuse disisi sumber, maka waktu 5 detik ini cukup untuk mendinginkan fuse disisi beban.
- 3) Waktu reclosing yang lebih lama (longer reclosing interval) Yaitu selang 10 detik, 15 detik dan seterusnya, biasanya digunakan bila pengaman cadangan terdiri dari breaker yang terkontrol rele. Ini

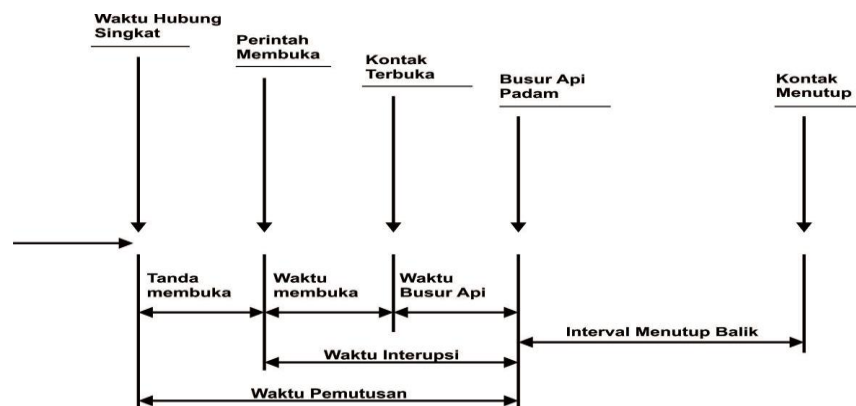
memungkinkan timing disc pada rele lebih mempunyai cukup waktu untuk reset [3].

2.4.4. Cara Kerja Recloser

Waktu membuka dan menutup pada recloser dapat diatur pada kurva karakteristiknya. Secara garis besarnya adalah sebagai berikut :

- Arus yang mengalir normal bila tidak terjadi gangguan.
- Ketika terjadi sebuah gangguan, arus yang mengalir melalui recloser membuka dengan operasi “fast”.
- Kontak recloser akan menutup kembali setelah beberapa detik, sesuai setting yang ditentukan. Tujuan memberikan selang waktu adalah memberi kesempatan agar gangguan tersebut hilang dari sistem, terutama gangguan yang bersifat temporer.
- Apabila yang terjadi adalah gangguan permanen, maka recloser akan membuka dan menutup balik sesuai setting yang ditentukan dan kemudian lock out.
- Setelah gangguan permanen dibebaskan oleh petugas, baru dapat dikembalikan pada keadaan normal.

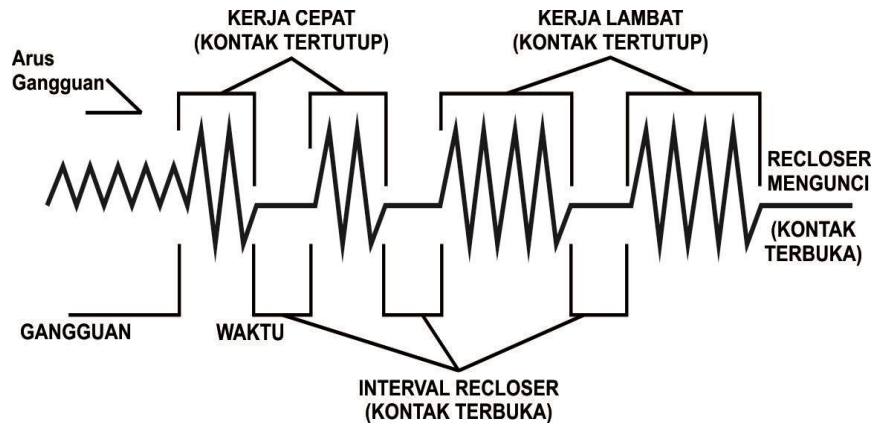
Berikut gambar proses kerja dari auto recloser :



Gambar 2.8. Proses Kerja Dari Auto Recloser [4]

Proses operasi kerja recloser dari saat mulai terjadinya arus hubung singkat sampai terjadi pembukaan kontak pemutus dayanya hingga menutup kembali kontak pemutus daya tersebut, dapat di lihat seperti gambar 6 sementara bentuk urutan kerja recloser dari saat mulai terjadi arus gangguan,sampai terjadi

proses buka tutup untuk beberapa kali dan akhirnya melakukan penguncian dapat dilihat seperti gambar 2.9 berikut ini :



Gambar 2.9. Bentuk Buka Tutup Hingga Mengunci Dari Recloser [4]

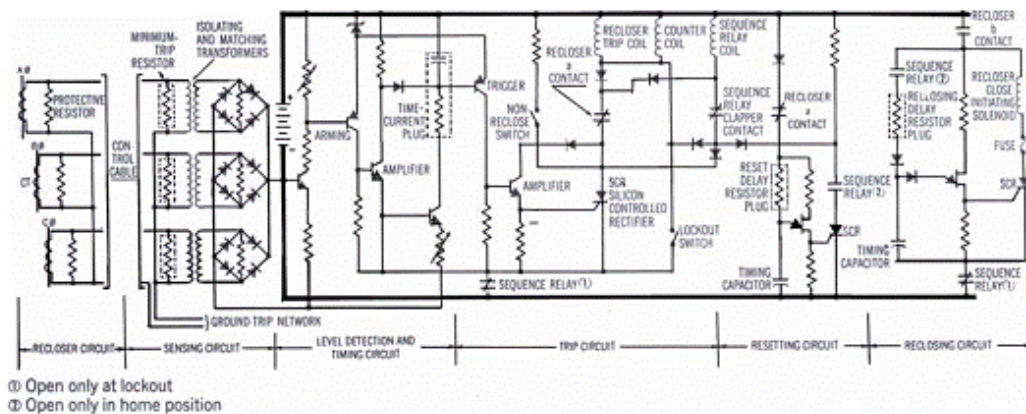
Pemakaian recloser pada sistem distribusi tergantung pada peralatan peralatan listrik dari sistem distribusi, dan koordinasinya dengan peralatan proteksi arus hubung singkat atau arus lebih yang lainnya. Recloser juga merupakan perlengkapan proteksi untuk meningkatkan keandalan saluran udara, baik pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) maupun pada saluran udara tegangan menengah (SUTM). Dalam penulisan ini hanya pada SUTM yang dibicarakan. Telah diketahui bahwa jenis gangguan (SUTM) terdiri gangguan sementara dan gangguan permanen.

Gangguan sementara antara lain disebabkan oleh terjadinya arus susulan pada isolator akibat petir, pengotoran (kontaminasi) dari isolator, binatang yang melintas saluran, dahan/ranting yang menyentuh saluran yang lainnya. Sedangkan gangguan permanen antara lain disebabkan karna putusnya hantaran, pecahnya isolator dan lain sebagainya.

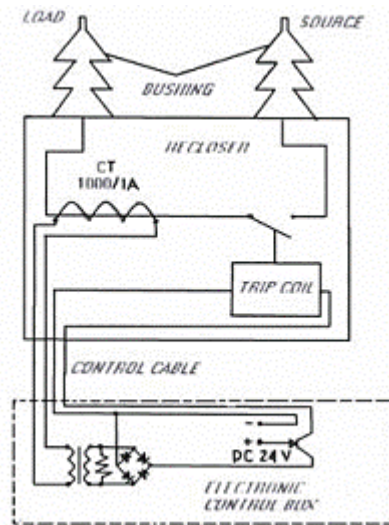
Pada gangguan sementara, sesaat sesudah rele pemutus membuka dan gangguan telah hilang, maka alat pemutus dapat masuk kembali, sedangkan pada gangguan permanen sesudah alat pemutus merasakan gangguan dan membuka, maka alat pemutus tidak dapat masuk kembali sebelum gangguan diatasi [4].

2.4.5. Cara pengoperasian recloser

Dalam pendeteksian gangguan recloser menggunakan kotak kontrol elektronik sebagai pengaturannya maka dari itu kita perlu mengetahui tentang kotak kontrol elektroniknya. Dibawah ini adalah gambar rangkaian kotak kontrol elektronis pada Recloser.



Gambar 2.10. Rangkaian Kotak Kontrol Elektronik [10]



Gambar 2.11. Diagram Satu Garis Current Transformer Pada Recloser [10]

Pada gambar diatas arus jaringan yang dirasakan oleh ke3 buah bushing pada bagian recloser circuit yang telah diturunkan oleh current transformer terlebih dahulu dengan perbandingan 1000/1A akan dikirim ke kotak kontrol pada bagian sensing circuit (melalui control cable) yang secara terus menerus memonitor kondisi arus. Bila arus yang mengalir melewati harga dari minimum trip resistor maka level detection and timming circuit akan bekerja dengan mengirim sinyal ke trip circuit sesuai dengan kurva arus waktu yang ditentukan dalam time current plug dan trip circuit ini akan mengirim perintah ke recloser trip coil untuk bekerja. Setelah recloser trip coil bekerja maka sequence relay mulai bekerja sesuai dengan urutan waktu yang telah ditentukan dari waktu kerja (trip) pertama, setelah waktu yang ditentukan selesai maka sequence relay akan mengirim sinyal ke reclosing circuit yang selanjutnya mengirim perintah ke reloser close initiating solenoid untuk bekerja. Jika gangguan tersebut adalah gangguan permanen maka kotak kontrol elektronik tersebut akan bekerja sebanyak tiga kali dan pada trip yang ke tiga sequence relay pada trip circuit akan membuka sehingga recloser akan lock out.

Jika gangguan yang terjadi bersifat sesaat maka setelah reloser close initiating solenoid bekerja kembali dan sensing circuit tidak merasakan adanya arus yang melewati dari harga minimum trp resistor waktu yang telah ditentukan dalam reset delay plug maka reset akan bekerja dan seluruh rangkaian akan kembali seperti semula (sebelum terjadi gangguan) [10].

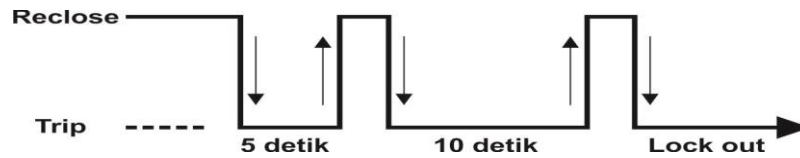
2.4.6. Recloser Sebagai Sistem Proteksi pada Jaringan 20 kV

- a. Gangguan Permanen



Gambar 2.12. ketika terjadi gangguan pada bus [8]

Jika pada daerah A terjadi gangguan permanen atau gangguan tetap maka recloser akan memutus (trip) selama tiga kali dan recloser akan menutup sebanyak dua kali. Untuk lebih jelasnya kita lihat grafik berikut :

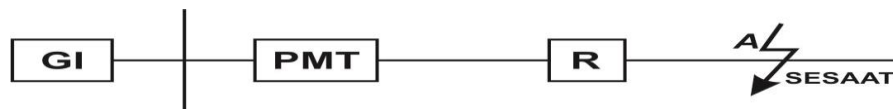


Gambar 2.13. Grafik Pemutus Recloser [8]

Jika gangguan permanen maka recloser akan memutus dan dalam waktu 5 detik recloser akan recloser atau masuk (menutup) dan karena gangguan yang terjadi adalah gangguan tetap maka recloser akan kembali memutus dan dalam waktu 10 detik akan kembali menutup (reclose) dan selanjutnya akan kembali membuka untuk yang ketiga kalinya untuk kemudian recloser akan lock out dan baru dapat dihubungkan lagi secara manual setelah daerah yang terjadi gangguan dapat diatasi.

b. Gangguan Sesaat

Jika terjadi gangguan sesaat di daerah A pada gambar 2.12 akibat sambaran petir maka recloser akan membuka (trip) dan 5 detik kemudian akan menutup (reclose) kembali dan setelah itu recloser akan kembali beroperasi seperti biasa.



Gambar 2.14. Recloser Mengalami Gangguan Sesaat [8]

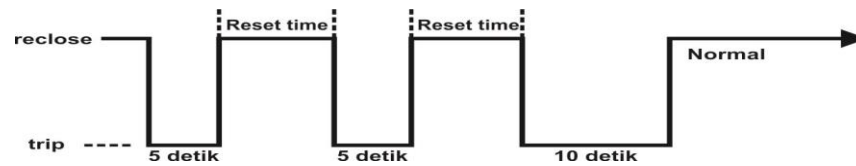
Untuk lebih jelasnya kita lihat grafik berikut :



Gambar 2.15. Grafik Pemutus Recloser Jika terjadi Gangguan Sesaat [8]

c. Gangguan Semi Permanen

Jika terjadi gangguan semi permanen (biasa disebabkan oleh dahan pohon yang melintang diatas jaringan akibat terkena tiupan angin), recloser akan reclose berulang - ulang setiap gangguan terjadi tetapi apabila gangguan tersebut sudah melewati reset time. Reset time ini diatur (setting) dalam jangka waktu 60- 120 detik. Untuk lebih jelasnya kita lihat grafik berikut :



Gambar 2.16. Grafik Pemutus Recloser Saat Terjadi Gangguan Semi Permanen [8]

2.5. Relay Proteksi

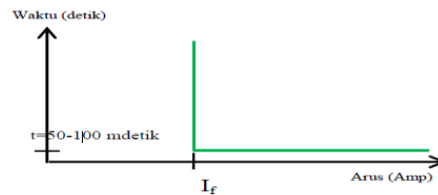
Relay proteksi merupakan otak yang meng-evaluasi apakah perubahan suatu parameter sudah dapat diklasifikasikan sebagai gangguan (berdasarkan dengan setting relay) [2]. Adapun relay yang terpasang pada sistem proteksi distribusi terdiri dari :

a. Relay Arus Lebih / Over Current Relay (OCR)

Relay arus lebih adalah suatu relay yang bekerja berdasarkan adanya perubahan arus yang melebihi nilai arus dan waktu pada setting-nya. Prinsip kerja relay arus lebih adalah mendeteksi arus lebih dan memberikan pada PMT untuk memutus aliran. Pada titik peralatan layanan dan menghitung diperlukan nilai-nilai hubung singkat di semua lokasi yang sesuai. Menghitung nilai minimum dan maksimum arus hubung singkat yang tersedia dengan memanfaatkan data maupun dengan simulasi hubung singkat [9]. Relay ini berfungsi sebagai proteksi terhadap gangguan hubung singkat antar fasa. Berdasarkan karakteristik hubungan kerja antara besar arus dan waktu kerja relay arus lebih dibagi menjadi 3 yaitu [6] :

- 1) Relay arus lebih seketika (instantaneous over current relay).

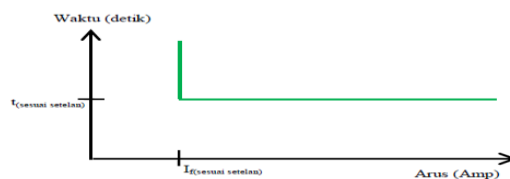
Relay yang bekerja seketika (tanpa waktu tunda) ketika arus yang mengalir melebihi nilai setting-nya, tapi masih bekerja dengan waktu cepat sebesar 50-100 mili detik dengan karakteristik seperti terlihat pada Gambar. Pada sistem distribusi tegangan menengah disebut setelan instant/moment/cepat. Setelan relay dengan karakteristik instant dapat di setkan pada OCR atau GFR.



Gambar 2.17. Karakteristik Relay Arus Lebih Instant [6]

- 2) Relay arus lebih dengan waktu tertentu (definite time over current relay).

Relay ini akan memberikan perintah pada PMT pada saat terjadi gangguan hubung singkat dan besarnya arus gangguan melampaui setting-nya dan jangka waktu kerja relay mulai pick up sampai kerja relay diperpanjang dengan waktu tertentu, tidak tergantung besarnya arus yang mengerjakan relay. Kurva time definite over current relay dapat dilihat pada



Gambar 2.18. Karakteristik Relay Arus Lebih Definite [6]

- 3) Relay arus lebih dengan waktu terbalik (inverse time over current relay).

Setelan relay proteksi dengan karakteristik inverse time over current relay adalah karakteristik yang grafiknya terbalik antara arus dan waktu, dimana semakin besar arus gangguan maka semakin kecil waktu yang dibutuhkan untuk membuka pemutus (PMT). Kurva time definite over current relay dapat dilihat

pada Gambar 2.18. Karakteristik inverse sesuai IEC 60255-3 dan ANSI/IEEE sebagai berikut :

$$t = \left(\frac{A}{\left(\left(\frac{I_f}{I_{set}} \right)^C - 1 \right)} + B \right) \times Tms \quad (1)$$

Keterangan :

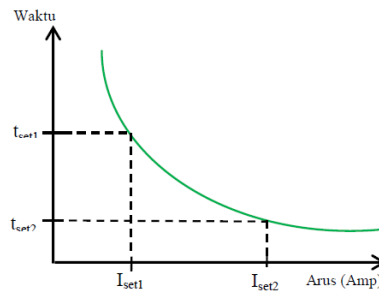
t = Waktu trip relay (detik)

I_f = Arus gangguan (Amp)

I_{set} = Arus setelan relay (Amp)

Tms = Time Multiplier Setting. Nilai yang disetkan ke relay sebagai konstanta

A,B,C = Faktor konstanta.



Gambar 2.19. Karakteristik Relay Arus Lebih Inverse [6]

4). Relay Gangguan Tanah / Ground Fault Relay (GFR)

Relay gangguan tanah yang lebih dikenal dengan GFR (ground fault relay) pada dasarnya mempunyai prinsip kerja sama dengan relay arus lebih. Jika relay OCR mendeteksi adanya hubung singkat antara fasa, maka GFR mendeteksi adanya hubung singkat ke tanah. Berdasarkan karakteristik hubungan kerja antara besar arus dan waktu kerja relay GFR juga dibagi menjadi 3 sama halnya dengan relay OCR pada penjelasan sebelumnya.

Kaidah penyetingan relay gangguan tanah lebih sederhana dari pada relay gangguan fasa, karena relay hanya mendeteksi arus residu yg bernilai nol pada keadaan normal. Akan tetapi untuk mengantisipasi agar relay tidak trip akibat

adanya arus residu karena beban tidak seimbang, maka biasanya dilakukan perhitungan arus gangguan ke tanah terlebih dahulu untuk menentukan setting relay gangguan tanah. Setting arus relay gangguan tanah biasanya dipilih sekitar 10% dari nilai arus gangguan tanah terkecil atau (0,3 – 0,5) kali nilai arus beban penuhnya. Setting arus relay gangguan tanah sengaja dipilih jauh lebih kecil dari nilai arus gangguan tanah terkecil untuk mengantisipasi apabila terdapat tahanan gangguan saat terjadi gangguan tanah [7].

$$I_{\text{set}} = 10\% \times I_{\text{fault min L-G}}$$

Perhitungan setting peralatan relay proteksi dimulai dari proteksi paling hilir (ujung). Penentuan setting waktu kerja berdasarkan grading time antar peralatan proteksi sesuai IEC 60255 sebesar 0,4 - 0,5 detik [8].