

**ANALISIS AUTO RECLOSE SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI  
(SUTT) DI PT.PLN (PERSERO) UNIT TRANSMISI DAN GARDU INDUK  
PANAKKUKANG**



**Supri Nawir**

**10582112713**

**Muh. Ilham Saputra**

**10582117913**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
MAKASSAR**

**2017**

**ANALISIS AUTO RECLOSE SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI  
(SUTT) DI PT.PLN (PERSERO) UNIT TRANSMISI DAN GARDU INDUK  
PANAKKUKANG**

**Skripsi**

Diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana  
Program Studi Teknik listrik  
Jurusan teknik elektro  
Fakultas Teknik

Disusun Dan diajukan oleh

**Supri Nawir**

**10582112713**

**Muh. Ilham Saputra**

**10582117913**

PADA

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**MAKASSAR**

**2017**



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**  
**FAKULTAS TEKNIK**

**GEDUNG MENARA IQRA LT. 3**

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e\_mail: [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**HALAMAN PENGESAHAN**

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **ANALISIS AUTO RECLOSE PADA SALURAN UDARA TEGANGAN TINGGI (SUTT) DI PT. PLN (PERSERO) UNIT TRANSMISI DAN GARDU INDUK PANAKKUKANG**

Nama : 1. Supri Nawir  
2. Muh Ilham Saputra

Stambuk : 1. 10582 1127 13  
2. 10582 1179 13

Makassar, 16 Oktober 2017

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

  
**Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc**

Pembimbing II

  
**Ir. Abd Hafid, M.T**

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Elektro

  
**Umar Katu, S.T., M.T.**  
NBM : 990 410



# UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

## FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

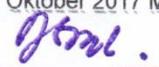
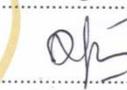
Website: [www.unismuh.ac.id](http://www.unismuh.ac.id), e\_mail: [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

Website: <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

### بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ PENGESAHAN

Skripsi atas nama Supri Nawir dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1127 13 dan Muh Ilham Saputra dengan nomor induk Mahasiswa 10582 1179 13, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 003/SK-Y/20201/091004/2017, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Kamis tanggal 12 Oktober 2017

Panitia Ujian : Makassar, 27 Muharram 1439 H  
17 Oktober 2017 M

1. Pengawas Umum
  - a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar  
Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM. : 
  - b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Dr. -Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME. : 
2. Penguji
  - a. Ketua : Dr. Ir. Hj. Hafsa Nirwana, M.T : 
  - b. Sekretaris : Mutmainnah, S.T., M.T : 
3. Anggota :
  1. Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng : 
  2. Anugrah, S.T., M.M : 
  3. Adriani, S.T., M.T : 

Mengetahui :

Pembimbing I

  
Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Dekan



  
Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T.  
NBM : 855 500

Pembimbing II

  
Ir. Abd Hafid, M.T

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena Rahmat dan HidayahNya sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini, dan dapat kami selesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus di tempuh dalam rangka penyelesaian program studi pada jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Ada pun judul tugas akhir adalah : “ *Analisis auto reclos pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) di PT.PLN (persero) Unit Transmisi dan Gardu Induk Panakkukang.*”

Penulis Menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan - kekurangan, hal ini disebabkan penulis sebagai manusia biasa tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan baik itu di tinjau dari segi teknis penulis maupun dari perhitungan - perhitubgan . Oleh karena itu penulis menerima dengan ikhlas dan senang hati segala koreksi serta perbaikan guna menyempurnakan tulisan ini agar kelak dapat bermanfaat.

Skripsi ini dapat terwujud berkat adanya bantuan , arahan , dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segalan ketulusan dan kerendahan hati, kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi – tingginya kepada :

1. Bapak Ir, Hamzah AI Imran, ST, MT . sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

2. Bapak Umar Katu , ST, MT . sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Dr. Ir. H. Zahir Zainuddin, M.Sc, selaku Pembimbing I dan bapak Ir. Abd Hafid, M.T, selaku pembimbing II , yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membimbing kami.
4. Bapak dan ibu dosen serta staf pegawai pada Fakultas Teknik atas segala waktunya telah mendidik dan melayani penulis selama mengikuti proses belajar mengajar di Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Ayahanda dan ibunda yang tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala limpahan kasih sayang , doa dan pengorbanan terutama dalam bentuk materi dalam menyelesaikan kuliah.
6. Saudara - saudaraku serta rekan - rekan mahasiswa fakultas teknik terkhusus angkatan 2013 yang dengan keakraban dan persaudaraan banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua pihak tersebut di atas mendapat pahala yang berlipat ganda di sisi Allah SWT dan skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat bagi penulis, rekan - rekan, masyarakat serta Bangsa dan Negara, Amin.

Makassar , September 2017

Penulis

## HALAMAN ABSTRAK

Supri Nawir<sup>1</sup>, Muh. Ilham Saputra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : [supri.nawir@gmail.com](mailto:supri.nawir@gmail.com)

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unismuh Makassar

Email : [ilhamsaputra0526@gmail.com](mailto:ilhamsaputra0526@gmail.com)

## ABSTRAK

Abstrak: SUPRI NAWIR DAN MUH. ILHAM SAPUTRA. (2017). Analisis Auto Reclose Saluran Udara Tegangan Tinggi ( SUTT) Di PT. PLN (Persero) Unit Transmisi Dan Gardu Induk Panakkukang. Skripsi. Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Sistem tenaga listrik sangat memegang peranan penting dalam semua aspek. Sehingga untuk memperoleh kontinuitas pelayanan diperlukan penerapan dan penggunaan peralatan proteksi untuk mengatasi gangguan. Tragi Panakkukang sangat berperan dalam menjaga pasokan listrik secara kontinu, ekonomis, dan handal. Dengan peranan tersebut maka dibutuhkan supli kontinuitas ke pelanggan yang baik sehingga salah satu langkah untuk pencapaiannya dengan analisis *auto reclose* pada saluran udara tegangan tinggi. Penelitian ini bertujuan menentukan *dead time*, *reclaim time* yang banyak dipengaruhi karakteristik pemutus tenaga ( PMT ) dalam menentukan pola *auto reclose* yang digunakan pada Saluran udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV yang ada pada Tragi Panakkukang sesuai pola pemutusan fasa *Single Pole Auto Reclose ( SPAR )* atau *Three Pole Auto Reclose ( TPAR )*. Data yang digunakan adalah data yang diperoleh dari Tragi Panakkukang. Dalam hasil penelitian penentuan *dead time*, *reclaim time* didapatkan hasil *dead time* sebesar **0,58 – 0,78 s** dan *reclaim time* **4 s** berdasarkan hasil yang diperoleh digunakan untuk menentukan pola yang digunakan sesuai dengan kriteria pola *Single Pole Auto Reclose (SPAR)*.

Kata kunci : *Auto reclose*, *dead time*, *reclaim time*, PMT

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	v
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Batasan Masalah .....	3
E. Manfaat Peneliti .....	4
F. Sistematika Penulisan .....	4
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	
A. Sistem Transmisi.....	6
B. Kategori Saluran Transmisi .....	10
C. Sistem proteksi penyaluran .....	14
1. Pengertian Rele Proteksi .....	14

2.	Perangkat Sistem Proteksi .....	14
3.	Fungsi dan peranan Rele Proteksi.....	16
4.	Syarat-syarat Rele Proteksi.....	17
5.	Proteksi Penghantar .....	19
D.	Gangguan Pada Sistem Penyaluran .....	20
1.	Gangguan sistem.....	21
2.	Gangguan Non Sistem .....	21
3.	Pencegahan Gangguan.....	22
E.	Penelitian yang Relevan.....	24
F.	Kerangka Berfikir .....	26

### BAB 3 METODE PENELITIAN

A.	Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
B.	Bahan dan Alat.....	27
C.	Variabel penelitian .....	27
D.	Metode penelitian .....	28
1.	Teknik pengambilan sampel .....	28
2.	Data yang dibutuhkan .....	28
3.	Teknik pengumpulan data .....	29

### BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

A.	Jaringan Trasmisi Tragi Panakkukang.....	31
B.	Jenis Auto Reclose .....	34
1.	Eksternal Auto Reclose.....	35
2.	Internal Auto Reclose .....	35

C. Pola Auto Reclose .....	36
1. Penentuan Dead Time .....	37
2. Penentuan Reclaim Time .....	38
3. Kriteria Seting Untuk SPAR.....	38
4. Kriteria Seting Untuk TPAR.....	39
D. Indikasi <i>Auto Reclose</i> .....	41
E. Analisisn pola <i>Auto reclose</i> di SUTT di Tragi Panakkukang	41
1. Penentuan <i>setting Dead Time</i> .....	41
2. Penentuan <i>Reclaim Time</i> .....	48
3. Penentuan Pola.....	49
F. Contoh Kasus Auto Reclose .....	52
 BAB V PENUTUP	
A. kesimpulan .....	58
B. saran.....	58
 DAFTAR PUSTAKA .....	 59
LAMPIRAN.....	60

## DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Sistem Transmisi Daya Listrik .....	6
Gambar 2.2 sistem penyaluran tenaga listrik .....	9
Gambar 2.3 Saluran Udara Tegangan tinggi 150 Kv .....	11
Gambar 2.4 Blok diagram utama relai proteksi .....	15
Gambar 2.5 Jaringan sistem tenaga listrik .....	19
Gambar 2.6 Blok diagram sistem penghantar sistem proteksi jaringan (SUTT dan SUTET) terdiri dari proteksi utama dan peoteksi cadangan.....	19
Gambar 4.1. Peta transmisi Tragi Panakkukang .....	32
Gambar 4.2 <i>Eksternal auto reclose type</i> LFAA.....	35
Gambar 4.3 <i>Internal auto reclose type</i> GRZ 100.....	36
Gambar 4.4 Data PMT Magrini Galileo .....	43
Gambar 4.5 Diagram waktu operasi <i>Trip close</i> Macam jenis PMT.....	45
Gambar 4.6 Alir waktu <i>auto reclose</i> & PMT gangguan transien .....	50
Gambar 4.7 Alir waktu <i>auto reclose</i> & PMT gangguan permanen .....	51
Gambar. 4.8 Data Relai Pada saat Gangguan .....	52
Gambar. 4.9 Data Relai Lanjutan Pada saat Gangguan .....	53
Gambar.4.10 Data Event Rele 1 .....	54
Gambar. 4.11 Data Event Rele 2.....	54
Gambar. 4.12 Perbandingan antara selisih dead time dengan menurut perumusan.....	56
Gambar 4.13 Perbandingan antara selisih dead tim dengan contoh kasus.....	56

## DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4.1 Data Relai.....	34
Tabel 4.2 Waktu de-ionisasi udara.....	37
Tabel 4.3 Data Waktu operasi <i>Trip close</i> Macam jenis PMT.....	44
Tabel 4.4 Data Waktu De-ionisasi udara .....	48

## DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Data Waktu operasi <i>Trip close</i> Macam jenis PMT .....	60
Data Event Rele.....	61
Data Relai Pada saat Gangguan .....	62
Single Line TRAGI Panakkukang .....	63

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang Masalah

Tuntutan masyarakat untuk kebutuhan terhadap daya listrik yang akan digunakan adalah mutu, keandalan, dan kontinuitas penyaluran daya listrik dari PT. PLN (Peresero) Unit Transmisi dan Gardu Induk Panakkukang. Namun masalah yang terjadi sekarang adalah bagaimana PT. PLN (Persero) Unit Transmisi Dan Garduk Induk Panakkukang dapat mendistribusikan tenaga listrik ini ke konsumen dengan baik, aman, namun tetap ekonomis. Oleh karena itu, perlu adanya intervensi yang baik.

Pendistribusian tenaga listrik ke konsumen biasanya sering mengalami gangguan. Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) merupakan salah satu bagian sistem yang paling sering mengalami gangguan. Penelitian menunjukkan bahwa mayoritas terbesar gangguan yang terjadi di saluran utama tegangan tinggi adalah *transient*. Data statistik menunjukkan bahwa 80-90% *transient* dan sisanya 10-20% adalah gangguan permanen atau semi permanen yang akan segera hilang setelah pemutus tenaga (PMT) lepas. Gangguan pada sistem tenaga listrik antara lain disebabkan oleh gangguan *transient*. Contoh gangguan *transient* adalah petir atau *flash over* pada

isolator, ayunan pohon karena angin, manusia, dan lain-lain. Untuk gangguan permanen seperti pada gangguan tower roboh, pohon tumbang kearah transmisi, kawat jatuh juga pada kabel bawah tanah.

Dengan data kebanyakan gangguan *transient* maka diperlukan percobaan untuk *circuit breaker*/PMT masuk kembali *re-energize* dengan pola *auto reclose* dengan tunda waktu. Dengan memasukan kembali PMT ini diharapkan dampak gangguan yang bersifat temporer tersebut dapat dikurangi. Digunakan tunda waktu untuk menghilangkan gangguan *transient* dan busur api pada circuit breaker. Jenis relai *auto reclose* ini sangat bermanfaat pada kehandalan *supply system*, juga pada kestabilan *system* dan sinkronisasi untuk mengurangi dampak gangguan tersebut terhadap keandalan penyediaan tenaga listrik.

Penelitian ini bertujuan menentukan pola *auto reclose* yang digunakan pada saluran udara tegangan tinggi ( SUTT ) sistem PT. PLN (Persero) Unit Transmisi Dan Garduk Induk Panakkukang serta masalah-masalah yang dihadapi dalam pengoperasian *auto recloser* dimana diharapkan dengan pola *auto reclose* yang baik dapat meningkatkan *availability* (ketersediaan) SUTT, hal ini berarti peluang (lama dan frekuensi) konsumen terjadi padam dapat dikurangi. Namun sebaliknya, pengoperasian *auto reclose* secara tidak tepat dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan, sehingga dapat menimbulkan dampak pemadaman meluas serta waktu pemulihan yang lebih lama.

## **B. Rumusan Masalah**

Uraian latar belakang, menjadi landasan untuk menjawab pertanyaan:

1. Bagaimana menghitung *dead time* dan *reclaim time* pada pola *auto reclose* yang digunakan di saluran udara tegangan tinggi yang ada pada PT. PLN (Persero) Unit Transmisi Dan Garduk Induk Panakkukang?
2. Bagaimana menentukan pola *auto reclose* berdasarkan *dead time* dan *reclaim time* pada PT. PLN (Persero) Unit Transmisi Dan Garduk Induk Panakkukang?

## **C. Batasan Masalah**

Pembahasan tentang *auto reclose* sangat luas, oleh karena itu perlu dibatasi ruang lingkup masalah yang akan dibahas. Untuk itu penulis hanya akan membahas tentang penerapan pola *auto reclose* dikhususkan pada saluran udara tegangan tinggi 150 kV.

## **D. Maksud dan tujuan Penelitian**

1. Menghitung *Dead time* dan *Reclaim time* pada pola *Auto reclose* yang digunakan di Saluran udara tegangan tinggi yang ada di PT. PLN (Persero) Unit Transmisi Dan Garduk Induk Panakkukang.
2. Menentukan pola *auto reclose* berdasarkan *dead time* dan *reclaim time* di PT. PLN (Persero) Unit Transmisi Dan Garduk Induk Panakkukang.

## **E. Manfaat penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk:

1. PT. PLN (Persero) Unit Transmisi Dan Garduk Induk Panakkukang sebagai pihak yang bertanggung jawab dalam pengoperasian dan monitoring sistem kelistrikan Sulawesi Selatan.
2. Mahasiswa dan peneliti lain, sebagai bahan referensi untuk memperdalam keilmuan tentang sistem auto reclose khususnya menghitung *dead time* dan *reclaim time*.

## **F. Sistematika Pembahasan**

Untuk mempermudah dalam perincian dan pemaparan tugas akhir ini, maka penulis akan menguraikan dan menjelaskan secara singkat dan sederhana dalam beberapa bab sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini terdiri atas enam sub bab, yaitu latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika pembahasan.

### **BAB II KAJIAN PUSTAKA**

Bab ini menerangkan tentang teori yang menunjang penulisan seperti teori tentang saluran transmisi, sistem proteksi, dan jenis jenis gangguan.

### BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini terdiri atas empat sub bab, yaitu waktu dan tempat penelitian, bahan dan alat, variabel penelitian, dan metode penelitian.

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini terdiri atas tiga sub bab, yaitu deskripsi data (gambaran umum tentang jaringan transmisi di PT. PLN (Persero) Unit Transmisi Dan Garduk Induk Panakkukang, sistem proteksi serta pola *auto reclose*), analisis dan interpretasi data, dan klasifikasi dan konfirmasi dengan teori.

### BAB V PENUTUP

Bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran

### DAFTAR PUSTAKA

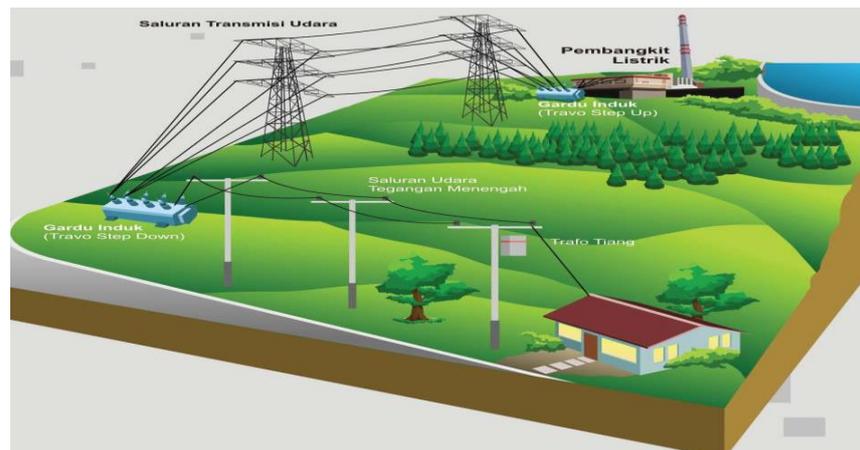
### LAMPIRAN

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### A. Sistem Transmisi

Pembangunan pusat pembangkit dengan kapasitas produksi energi listrik yang besar: Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) memerlukan banyak persyaratan, terutama masalah lokasi yang tidak selalu bisa dekat dengan pusat beban seperti kota, kawasan industri dan lainnya. Akibatnya tenaga listrik tersebut harus disalurkan melalui sistem transmisi sesuai gambar 2.1



Gambar 2.1 Sistem Transmisi Daya Listrik

Sistem transmisi adalah suatu sistem penyaluran energi listrik dari satu tempat ke tempat lain, seperti dari stasiun pembangkit ke *substation* (gardu induk). Pemakaian sistem transmisi didasarkan atas besarnya daya yang harus disalurkan dari pusat-pusat pembangkit ke pusat beban dan jarak penyaluran yang cukup jauh antara sistem pembangkit dengan pusat beban tersebut. Sistem transmisi menyalurkan daya dengan tegangan tinggi yang digunakan untuk mengurangi adanya rugi-rugi akibat jatuh tegangan.

Sistem transmisi dapat dibedakan menjadi sistem transmisi tegangan tinggi (*high voltage, HV*), sistem transmisi tegangan ekstra tinggi (*extra high voltage, EHV*), dan sistem transmisi ultra tinggi (*Ultra high voltage, UHV*). Besarnya tegangan nominal saluran transmisi tegangan tinggi ataupun ekstra tinggi berbeda-beda untuk setiap negara atau perusahaan listrik di Negara tersebut, tergantung kepada kemajuan tekniknya masing-masing.

Saluran tegangan tinggi di Indonesia mempunyai tegangan 150 kV yang disebut sebagai saluran udara tegangan tinggi (SUTT) dan tegangan 500 kV yang disebut sebagai saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET). Saluran transmisi ada yang berupa saluran udara dan ada pula yang berupa kabel tanah. Karena saluran udara harganya jauh lebih murah dibandingkan dengan kabel tanah, maka saluran transmisi kebanyakan berupa saluran udara. Apabila salah satu bagian sistem transmisi mengalami gangguan maka akan berdampak terhadap bagian transmisi yang lainnya, sehingga Saluran Transmisi, Gardu Induk dan Saluran Distribusi merupakan satu kesatuan yang harus dikelola dengan baik. Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) adalah

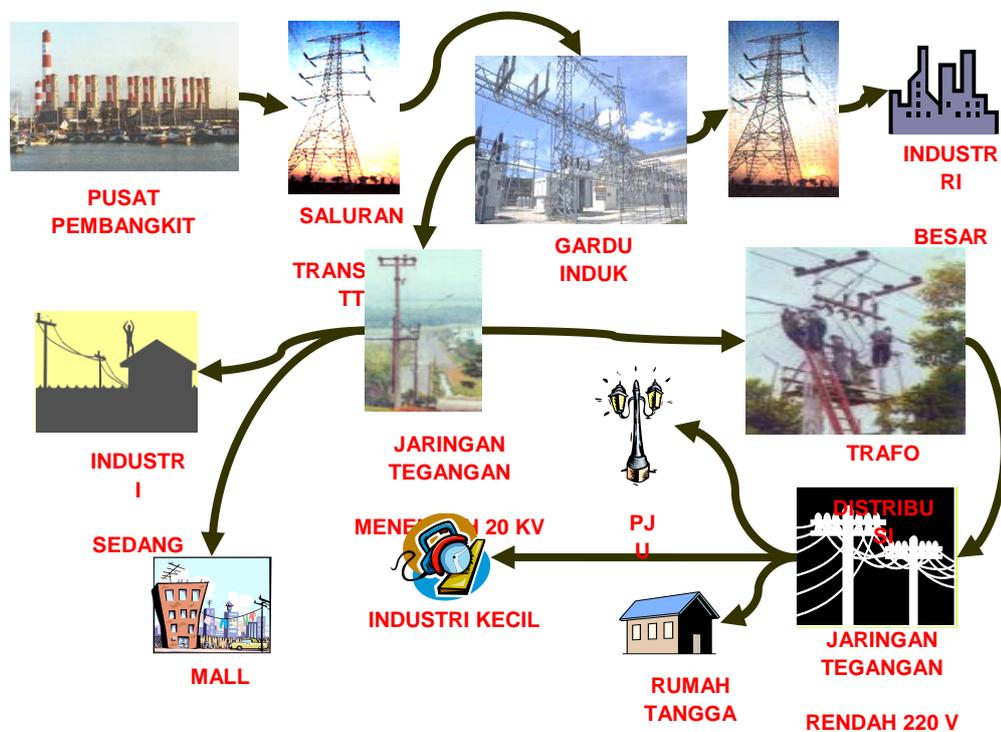
sarana di udara untuk menyalurkan tenaga listrik berskala besar dari pembangkit ke pusat-pusat beban dengan menggunakan tegangan tinggi.

Kerugian saluran transmisi menggunakan kabel udara adalah adanya gangguan petir, kena pohon dan lain-lain. Sesuai gambar 2.2 *sistem penyaluran tenaga listrik* dimana tenaga listrik disalurkan melalui saluran transmisi, sehingga tenaga listrik sampai di Gardu Induk (GI) untuk diturunkan tegangannya melalui transformator penurun tegangan menjadi tegangan menengah atau yang juga disebut tegangan distribusi primer. Tegangan distribusi primer yang digunakan pada saat ini adalah tegangan 20 kV. Jaringan setelah keluar dari GI disebut jaringan distribusi, sedangkan jaringan antara pusat listrik dengan GI disebut jaringan transmisi.

Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer, maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah dengan tegangan kerja 380/220 Volt, kemudian disalurkan melalui Jaringan Tegangan Rendah (JTR) untuk selanjutnya disalurkan ke rumah-rumah pelanggan (konsumen) melalui Sambungan Rumah (SR). Dalam prakteknya, karena luasnya jaringan distribusi, sehingga diperlukan banyak transformator distribusi, maka Gardu Distribusi (GD) seringkali disederhanakan menjadi transformator tiang. Pelanggan yang mempunyai daya tersambung besar tidak dapat disambung melalui Jaringan Tegangan Rendah, melainkan disambung langsung pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM), bahkan ada pula yang disambung pada jaringan Transmisi Tegangan Tinggi, tergantung besarnya daya tersambung.

Setelah tenaga listrik melalui Jaringan Tegangan Menengah, Jaringan Tegangan Rendah dan Sambungan Rumah, maka tenaga listrik selanjutnya melalui alat pembatas daya dan KWH meter.

SUTT merupakan jenis Saluran Transmisi Tenaga Listrik yang banyak digunakan di PT. PLN (Persero) Tragi Panakkukang daerah Sulawesi selatan karena selain harganya yang lebih murah serta pemeliharaannya mudah dibanding jenis lainnya.



Gambar 2.2 sistem penyaluran tenaga listrik

## B. Kategori Saluran Transmisi

Pada saluran transmisi ada beberapa bentuk tipe berdasarkan kategori. Bentuk-bentuk dari saluran transmisi ini tergantung pada jenis lokasi pemasangan dan sesuai dengan kebutuhan. Dalam pemilihan bentuk saluran transmisi ada berbagai faktor yang perlu dipertimbangkan seperti biaya, daerah (kota atau desa), kepadatan beban, faktor keindahan dan keamanan. Kategori saluran transmisi terbagi atas :

### 1. Berdasarkan pemasangannya

Berdasarkan pemasangannya, saluran transmisi dibagi menjadi tiga kategori, yaitu:

- a. Saluran udara (*overhead lines*); saluran transmisi yang menyalurkan energi listrik melalui kawat-kawat yang digantung pada isolator antar menara atau tiang transmisi. Keuntungan dari saluran transmisi udara adalah lebih murah, mudah dalam perawatan, mudah dalam mengetahui letak gangguan, mudah dalam perbaikan, dan lainnya. Namun juga memiliki kerugian, antara lain: karena berada di ruang terbuka, maka cuaca sangat berpengaruh terhadap keandalannya, dengan kata lain mudah terjadi gangguan, seperti gangguan hubung singkat, gangguan tegangan lebih karena tersambar petir, dan gangguan-gangguan lainnya, Gambar 2.3 menunjukkan Saluran Utama Tegangan Tinggi 150 kV. Dari segi estetika/keindahan juga kurang, sehingga saluran transmisi bukan pilihan yang ideal untuk suatu saluran.



Gambar 2.3 Saluran Udara Tegangan tinggi 150 kV

transmisi didalam kota. Pembangunan saluran udara sudah melalui proses rancang bangun yang aman bagi lingkungan serta sesuai dengan standar keamanan internasional, diantaranya ketinggian kawat penghantar, penampang kawat penghantar, daya isolasi, medan listrik dan medan magnet, desis corona. Macam Saluran Udara yang ada antara lain :

1. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 70 kV
2. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV
3. Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV

- b. Saluran kabel tanah (*underground cable*); saluran transmisi yang menyalurkan energi listrik melalui kabel yang ditanam didalam tanah. Kategori saluran transmisi seperti ini adalah yang paling banyak digunakan untuk pemasangan di dalam kota, karena berada didalam tanah, maka tidak mengganggu keindahan kota dan juga tidak mudah terjadi gangguan akibat kondisi cuaca atau kondisi alam. Namun juga memiliki kekurangan, seperti: mahal biaya investasi dan sulitnya menentukan titik gangguan dan perbaikannya.

Macam Saluran kabel tanah yang ada antara lain :

1. Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) 70 kV
  2. Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) 150 kV
  3. Saluran Kabel Laut Tegangan Tinggi (SKLTT) 150 kV
- c. Saluran gas (*Gas Insulated Line/GIL*); saluran transmisi yang menyalurkan energi listrik melalui Saluran Isolasi Gas (*Gas Insulated Line/GIL*) adalah Saluran yang diisolasi dengan gas, misalnya: gas SF<sub>6</sub>. Karena mahal dan resiko terhadap lingkungan sangat tinggi maka saluran ini jarang digunakan.

## 2. Berdasarkan Tegangan

Dalam dunia kelistrikan, dikenal dua kategori arus listrik, yaitu arus bolak-balik (*Alternating Current/AC*) dan arus searah (*Direct Current/DC*). Oleh karena itu , berdasarkan jenis arus listrik yang mengalir di saluran transmisi, maka saluran transmisi terdiri dari:

a. Saluran transmisi AC; didalam sistem AC, penaikan dan penurunan tegangannya sangat mudah dilakukan dengan bantuan transformator dan juga memiliki 2 sistem, sistem fasa tunggal dan sistem fasa tiga sehingga saluran transmisi AC memiliki keuntungan lainnya, antara lain:

1. daya yang disalurkan lebih besar
2. nilai sesaat (*instantaneous value*)nya konstan, dan
3. mempunyai medan magnet putar

Selain keuntungan-keuntungan yang disebutkan di atas, saluran transmisi AC juga memiliki kerugian, yaitu: tidak stabil, isolasi yang rumit dan mahal (mahal disini dalam artian untuk menyediakan suatu isolasi yang memang aman dan kuat).

b. Saluran transmisi DC; dalam saluran transmisi DC, daya guna atau efesiansinya tinggi karena mempunyai factor daya = 1, tidak memiliki masalah terhadap stabilitas terhadap sistem, sehingga dimungkinkan untuk penyaluran jarak jauh dan memiliki isolasi yang lebih sederhana.

Berhubungan dengan keuntungan dan kerugiannya, dewasa ini saluran transmisi di dunia sebagian besar menggunakan saluran transmisi AC. Saluran transmisi DC baru dapat dianggap ekonomis jika jarak saluran udaranya antara 400km sampai 600km, atau untuk saluran bawah tanah dengan panjang 50km. hal itu disebabkan karena biaya peralatan pengubah dari AC ke DC dan sebaliknya (*converter &*

*inverter*) masih sangat mahal, sehingga dari segi ekonomisnya saluran AC akan tetap menjadi lebih unggul dari saluran transmisi.

## C. Sistem Proteksi Penyaluran

### 1. Pengertian Relai Proteksi

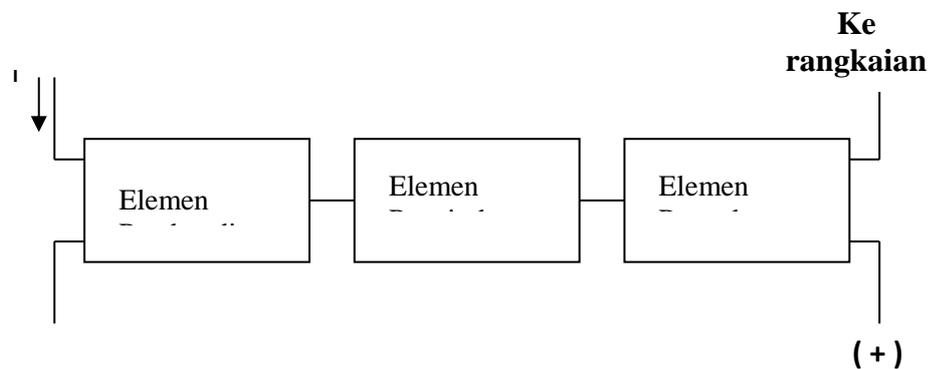
Relai adalah suatu alat yang bekerja secara otomatis untuk mengatur/memasukan suatu rangkaian listrik (rangkaiannya trip atau alarm) akibat adanya perubahan lain.

### 2. Perangkat Sistem Proteksi.

Proteksi terdiri dari seperangkat peralatan yang merupakan sistem yang terdiri dari komponen-komponen berikut:

1. Relai, sebagai alat perasa untuk mendeteksi adanya gangguan yang selanjutnya memberi perintah trip kepada Pemutus Tenaga (PMT).
2. Trafo arus dan trafo tegangan sebagai alat yang mentransfer besaran listrik primer dari sistem yang diamankan ke relai (besaran listrik sekunder).
3. Pemutus Tenaga (PMT) untuk memisahkan bagian sistem yang terganggu.
4. Baterai beserta alat pengisi (*baterai charger*) sebagai sumber tenaga untuk bekerjanya relai, peralatan bantu *tripping*.
5. Pengawatan (*wiring*) yang terdiri dari sirkuit sekunder (arus dan/atau tegangan), *sirkuit tripping* dan sirkuit peralatan bantu.

Secara garis besar bagian dari relai proteksi terdiri dari tiga bagian utama, seperti pada blok diagram (gambar 2.4).



Gambar 2.4 Blok diagram utama relai proteksi

Masing-masing elemen/bagian mempunyai fungsi sebagai berikut :

a. Elemen pengindra

Elemen ini berfungsi untuk merasakan besaran-besaran listrik, seperti arus, tegangan, frekuensi, dan sebagainya tergantung relai yang dipergunakan. Pada bagian ini besaran yang masuk akan dirasakan keadaannya, apakah keadaan yang diproteksi itu mendapatkan gangguan atau dalam keadaan normal, untuk selanjutnya besaran tersebut dikirimkan ke elemen pembanding.

b. Elemen pembanding

Elemen ini berfungsi menerima besaran setelah terlebih dahulu besaran itu diterima oleh elemen ke elemen pengindra untuk membandingkan besaran listrik pada saat keadaan normal dengan besaran arus kerja relay.

c. Elemen pengukur/penentu

Elemen ini berfungsi untuk mengadakan perubahan secara cepat pada besaran ukurnya dan akan segera memberikan isyarat untuk membuka PMT atau memberikan sinyal pada sistem proteksi menggunakan relai proteksi sekunder.

**3. Fungsi dan Peranan Relai Proteksi**

Maksud dan tujuan pemasangan relai proteksi adalah untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian jaringan yang terganggu dari bagian lain yang masih sehat serta sekaligus mengamankan bagian yang masih sehat dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar, dengan cara:

1. Mendeteksi adanya gangguan atau keadaan abnormal lainnya yang dapat membahayakan peralatan atau sistem.
2. Melepaskan (memisahkan) bagian sistem yang terganggu atau yang mengalami keadaan abnormal lainnya secepat mungkin sehingga kerusakan instalasi yang terganggu atau yang dilalui arus gangguan dapat dihindari atau dibatasi seminimum mungkin dan bagian sistem lainnya tetap dapat beroperasi.
3. Memberikan pengamanan cadangan bagi instalasi lainnya.
4. Memberikan pelayanan keandalan dan mutu listrik yang terbaik kepada konsumen.
5. Mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

#### 4. Syarat-syarat Relai Proteksi

Dalam perencanaan sistem proteksi, maka untuk mendapatkan suatu sistem proteksi yang baik diperlukan persyaratan-persyaratan sebagai berikut :

##### 1. Sensitif

Suatu relai proteksi bertugas mengamankan suatu alat atau suatu bagian tertentu dari suatu sistem tenaga listrik, alat atau bagian sistem yang termasuk dalam jangkauan pengamanannya. Relai proteksi mendeteksi adanya gangguan yang terjadi di daerah pengamanannya dan harus cukup sensitif untuk mendeteksi gangguan tersebut dengan rangsangan minimum dan bila perlu hanya mentripkan Pemutus Tenaga (PMT) untuk memisahkan bagian sistem yang terganggu, sedangkan bagian sistem yang sehat dalam hal ini tidak boleh terbuka.

##### 2. Selektif

Selektivitas dari relai proteksi adalah suatu kualitas kecermatan pemilihan dalam mengadakan pengamanan. Bagian yang terbuka dari suatu sistem oleh karena terjadinya gangguan harus sekecil mungkin, sehingga daerah yang terputus menjadi lebih kecil. Relai proteksi hanya akan bekerja selama kondisi tidak normal atau gangguan yang terjadi di daerah pengamanannya dan tidak akan bekerja pada kondisi normal atau pada keadaan gangguan yang terjadi diluar daerah pengamanannya.

### 3. Cepat

Makin cepat relai proteksi bekerja, tidak hanya dapat memperkecil kemungkinan akibat gangguan, tetapi dapat memperkecil kemungkinan meluasnya akibat yang ditimbulkan oleh gangguan.

### 4. Handal

Dalam keadaan normal atau sistem yang tidak pernah terganggu rele proteksi tidak bekerja selama berbulan-bulan mungkin bertahun-tahun, tetapi relai proteksi bila diperlukan harus dan pasti dapat bekerja, sebab apabila relai gagal bekerja dapat mengakibatkan kerusakan yang lebih parah pada peralatan yang diamankan atau mengakibatkan bekerjanya relai lain sehingga daerah itu mengalami pemadaman yang lebih luas. Untuk tetap menjaga keandalannya, maka relai proteksi harus dilakukan pengujian secara periodik.

### 5. Ekonomis

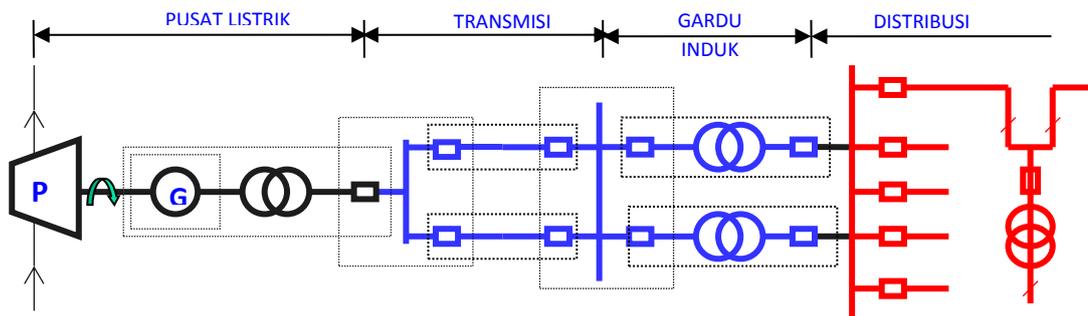
Dengan biaya yang sekecilnya-kecilnya diharapkan relai proteksi mempunyai kemampuan pengamanan yang sebesar-besarnya.

### 6. Sederhana

Perangkat relai proteksi disyaratkan mempunyai bentuk yang sederhana dan fleksibel.

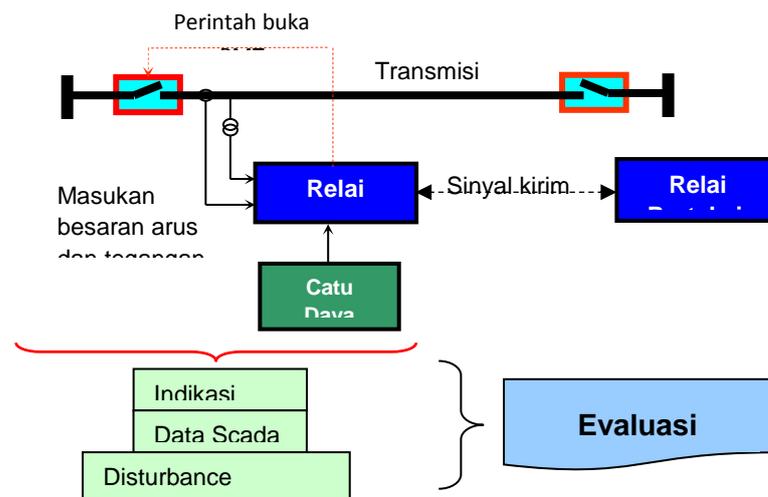
## 5. Proteksi Penghantar

Jaringan tenaga listrik secara garis besar terdiri dari pusat pembangkit, jaringan transmisi (gardu induk dan saluran transmisi) dan jaringan distribusi, seperti diperlihatkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Jaringan sistem tenaga listrik

Dalam usaha untuk meningkatkan keandalan penyediaan energi listrik, kebutuhan sistem proteksi yang memadai tidak dapat dihindarkan. Blok diagram Sistem proteksi Penghantar diperlihatkan pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Blok diagram sistem penghantar sistem proteksi jaringan (SUTT dan SUTET) terdiri dari proteksi utama dan proteksi cadangan.

Relai untuk proteksi utama yang dikenal saat ini :

1. *Relai Distance*

- a. *Basic* atau *Step*
- b. PUTT
- c. POTT
- d. *Blocking*

2. *Relai Differential*

- a. Pilot
- b. *Current*
- c. Phase

3. *Relai Directional Comparison*

- a. *Impedance*
- b. Current
- c. *SuperImposed*

Proteksi Cadangan adalah sebagai berikut :

- a. Sistem proteksi cadangan lokal : *Over Current Relay ( OCR ) & Ground Fault Relay ( GFR )*
- b. Sistem proteksi cadangan jauh : *Zone 2 GI remote*

#### **D. Gangguan Pada Sistem Penyaluran**

Gangguan adalah suatu keadaan sistem yang tidak normal, sehingga gangguan pada umumnya terdiri dari hubung singkat dan rangkaian terbuka (*open circuit*). Jaringan tenaga listrik yang terganggu harus dapat segera

diketahui dan dipisahkan dari bagian jaringan lainnya secepat mungkin dengan maksud agar kerugian yang lebih besar dapat dihindarkan. Gangguan pada jaringan tenaga listrik dapat terjadi diantaranya pada pembangkit, jaringan transmisi atau di jaringan distribusi. Penyebab gangguan tersebut tersebut dapat diakibatkan oleh gangguan sistem dan non sistem.

### **1. Gangguan Sistem**

Gangguan sistem adalah gangguan yang terjadi di sistem tenaga listrik seperti pada generator, trafo, SUTT, SKTT dan lain sebagainya. Gangguan sistem dapat dikelompokkan sebagai gangguan permanen dan gangguan temporer. Gangguan temporer adalah gangguan yang hilang dengan sendirinya bila PMT terbuka, misalnya sambaran petir yang menyebabkan *flash over* pada isolator SUTT. Pada keadaan ini PMT dapat segera dimasukkan kembali, secara manual atau otomatis dengan *Auto Recloser*. Gangguan permanen adalah gangguan yang tidak hilang dengan sendirinya, sedangkan untuk pemulihan diperlukan perbaikan, misalnya kawat SUTT putus.

### **2. Gangguan Non Sistem**

PMT terbuka tidak selalu disebabkan oleh terjadinya gangguan pada sistem, dapat saja PMT terbuka oleh karena relai yang bekerja sendiri atau kabel kontrol yang terluka atau oleh sebab interferensi dan lain sebagainya. Gangguan seperti ini disebut gangguan bukan pada sistem, selanjutnya disebut gangguan non-system.

Jenis gangguan non-sistem antara lain :

1. kerusakan komponen relai ;
2. kabel kontrol terhubung singkat ;
3. interferensi / induksi pada kabel kontrol.

### **3. Pencegahan Gangguan**

Sistem tenaga listrik dikatakan baik apabila dapat mencatu atau menyalurkan tenaga listrik ke konsumen dengan tingkat kehandalan yang tinggi. Kehandalan disini meliputi kelangsungan, dan stabilitas penyaluran sistem tenaga listrik. Pemadaman listrik sering terjadi akibat gangguan yang tidak dapat diatasi oleh sistem pengamanannya. Kehandalan ini akan sangat mempengaruhi kelangsungan penyaluran tenaga listrik. Naik turunnya kondisi tegangan dan catu daya listrik bisa merusak peralatan listrik.

Sebagaimana dijelaskan di depan, ada beberapa jenis gangguan pada saluran tenaga listrik yang memang tidak semuanya bisa dihindarkan. Untuk itu perlu dicari upaya pencegahan agar bisa memperkecil kerusakan pada peralatan listrik, terutama pada manusia akibat adanya gangguan. Pencegahan gangguan pada sistem tenaga listrik biasa di kategorikan menjadi dua langkah sebagai berikut (supriyadi,1999:13) :

1. Usaha memperkecil terjadinya gangguan cara yang ditempuh antara lain :
  - a. Membuat isolasi yang baik untuk semua peralatan.

- b. Membuat koordinasi isolasi yang baik antara ketahanan isolasi peralatan dan penangkal petir (*arrester*).
  - c. Memakai kawat tanah dan membuat tahanan tanah sekecil mungkin pada kaki menara, serta selalu mengadakan pengecekan.
  - d. Membuat perencanaan yang baik untuk mengurangi pengaruh luar mekanis dan mengurangi atau menghindarkan sebab - sebab gangguan karena binatang, polusi, kontaminasi, dan lain - lain.
  - e. Pemasangan yang baik, artinya pada saat pemasangan harus mengikuti peraturan-peraturan yang berlaku.
  - f. Menghindarkan kemungkinan kesalahan operasi, yaitu dengan membuat prosedur tata cara operasional dan membuat jadwal pemeliharaan yang rutin.
  - g. Memasang kawat tanah pada SUTT dan GI untuk melindungi terhadap sambaran petir.
  - h. Memasang *lighting arrester* (penangkal petir) untuk mencegah kerusakan pada peralatan akibat sambaran petir.
2. Usaha mengurangi kerusakan akibat gangguan beberapa cara untuk mengurangi akibat gangguan, antara lain sebagai berikut :
- a. Mengurangi akibat gangguan misalnya dengan membatasi arus hubung singkat, caranya dengan menghindari konsentrasi pembangkitan atau dengan memakai impedansi pembatas arus, pemasangan tahanan, atau reaktansi untuk sistem pentanahannya

sehingga arus gangguan satu fasa terbatas. Pemakaian peralatan yang tahan atau handal terhadap terjadinya arus hubung singkat.

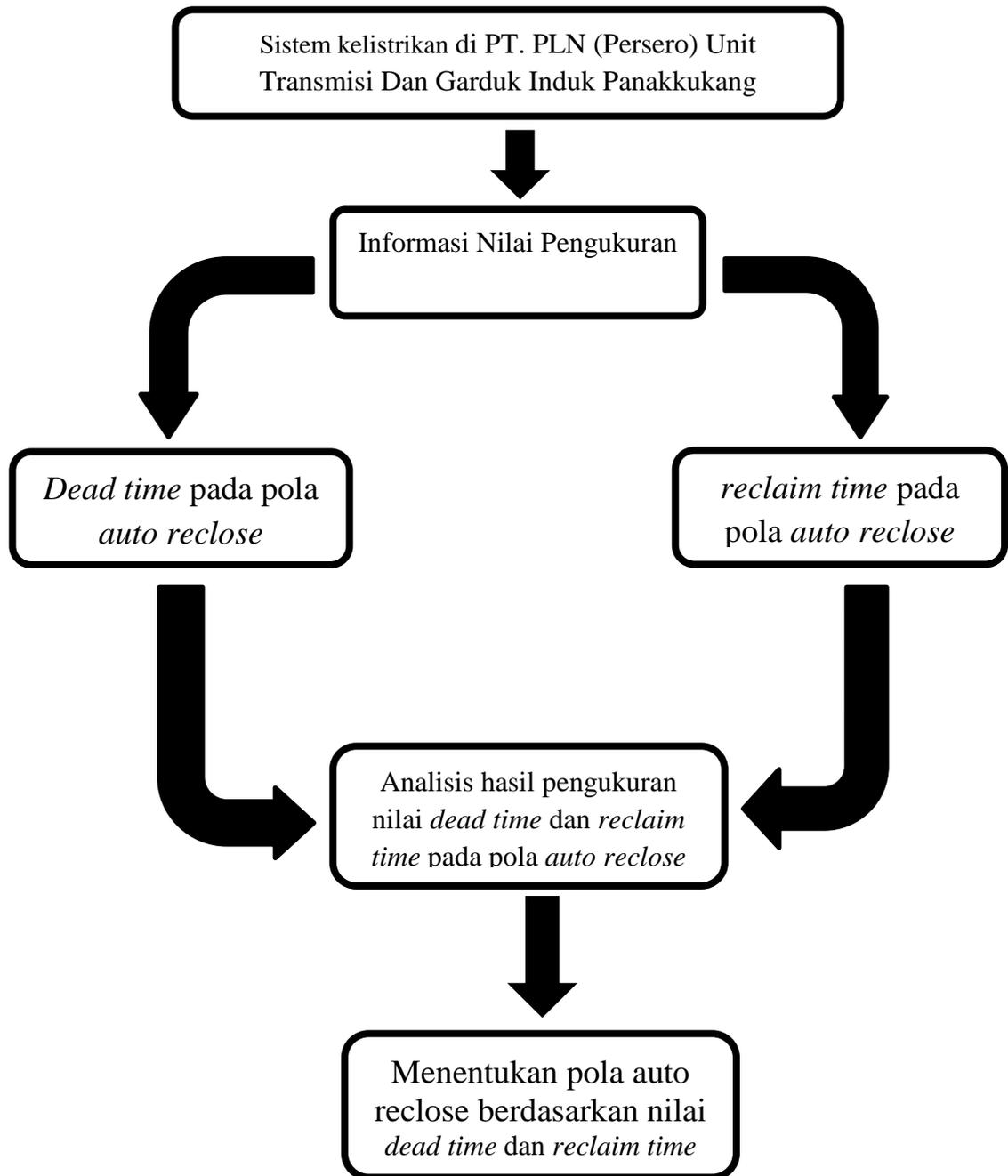
- b. Secepatnya memisahkan bagian sistem yang terganggu dengan memakai pengaman lebur atau relai pengaman pemutus beban dengan kapasitas pemutusan yang memadai.
- c. Merencanakan agar bagian sistem yang terganggu bila harus dipisahkan dari sistem tidak akan mengganggu operasi sistem secara keseluruhan atau penyaluran tenaga listrik ke konsumen tidak terganggu. Hal ini dapat dilakukan, misal dengan : 1) Memakai saluran ganda atau saluran yang membentuk lingkaran. 2) Memakai penutup balik otomatis. 3) Memakai generator cadangan.
- d. Mempertahankan stabilitas sistem selama terjadinya gangguan, yaitu dengan memakai pengatur tegangan otomatis yang cepat dan karakteristik kestabilan generator yang memadai.
- e. Membuat data pengamatan gangguan sistematis dan efektif, misalnya dengan menggunakan alat pencatat gangguan untuk mengambil langkah - langkah lebih lanjut.

#### **E. Penelitian yang relevan**

Pada tahun 2008 dilakukan penelitian yang serupa oleh Wedy Meiden dengan judul penggunaan *reclose* dalam mengamankan gangguan hubungan singkat di saluran udara tegangan menengah (SUTM) dengan hasil berdasarkan perhitungan hubung singkat satu fasa-tanah, apabila terjadi

gangguan di tengah penyulang atau jarak lokasi sekitar 50 % dari GI adalah 253,42 amper. Sedangkan berdasarkan data gangguan dari box panel kontrol recloser yaitu telah terjadi gangguan satu fasa di fasa R yang berada di tengah penyulang sebesar 326 amper. Gangguan tersebut terjadi diantara gardu MA 14 dengan gardu MA 124 P yang sifatnya temporer/sementara sehingga dengan cepat dapat dihilangkan dengan recloser sebelum sectionalizer membuka.

## F. Kerangka berfikir



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan tempat penelitian**

##### **1. Waktu Penelitian**

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Agustus tahun 2017.

##### **2. Tempat Penelitian**

Penelitian ini akan dilaksanakan di PT. PLN (Persero) Unit Transmisi Dan Garduk Induk Panakkukang

#### **B. Bahan dan alat**

Perangkat yang digunakan dalam penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak yaitu:

##### **1. Perangkat Keras**

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua unit computer atau laptop serta satu unit printer, serta pendukung lainnya seperti kalkulator.

##### **2. Perangkat Lunak**

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Microsoft windows 10*.

#### **C. Variabel penelitian**

Variabel yang digunakan untuk menentukan polan *Auto Reclose* yaitu:

1. Data relai proteksi di Tragi Panakkukang.
2. Data waktu *Trip close* PMT di Tragi Panakkukang.

## **D. Metode penelitian**

Penelitian ini adalah jenis penelitian analisis, yaitu dengan menganalisis *auto reclose* saluran utama tegangan tinggi ( SUTT ) pada sistem kelistrikan di PT. PLN (Persero) Unit Transmisi Dan Garduk Induk Panakkukang.

### **1. Teknik pengambilan data**

Teknik pengambilan data pada penelitian ini menggunakan teknik pengambilan data langsung di PT. PLN (Persero) Unit Transmisi Dan Garduk Induk Panakkukang.

### **2. Data yang Dibutuhkan**

Sumber data diperoleh dari PT. PLN (Persero) Unit Transmisi Dan Garduk Induk Panakkukang. Adapun data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

- a. Data *single line diagram* PT. PLN (Persero) Unit Transmisi Dan Garduk Panakkukang, yaitu peta jaringan atau jalur layanan sistem yang menunjukkan data sepanjang saluran dan data beban.
- b. Jenis *auto reclose* yang digunakan pada PT. PLN (Persero) Unit Transmisi Dan Garduk Panakkukang.
- c. Data Relai proteksi yang terpasang pada PT. PLN (Persero) Unit Transmisi Dan Garduk Panakkukang.
- d. Data Waktu operasi *Trip close* Macam jenis PMT PT. PLN (Persero) Unit Transmisi Dan Garduk Panakkukang.

### 3. teknik pengolahan data

Perhitungan setting *dead time* berdasarkan data PMT dan karakteristik sistem yang digunakan maka :

- a. Waktu buka PMT (Trip coil energised → Arc interruption)
- b. Buka PMT + Reset time (Trip coil energised → Trip mechanism reset)
- c. Waktu reset proteksi
- d. Waktu tutup PMT (Close command → Contacts make)

Setting dead time minimum

$$= ( \text{Waktu buka PMT} ) + ( \text{Waktu Reset Proteksi} )$$

Setting dead time DENGAN DE-IONISASI UDARA

$$= ( \text{Waktu Buka PMT} ) + ( \text{Waktu Deionisasi udara} ) - ( \text{Waktu tutup PMT} )$$

Sedangkan penentuan waktu *reclaim time* berdasarkan standarisasi PLN

### 4. Teknik pengumpulan data

Pengumpulan data didefinisikan sebagai suatu proses untuk mendapatkan data sesuai dengan karakteristik subjek yang diperlukan peneliti dalam suatu penelitian (Nursalam, 2008).

## 5. Alur penelitian



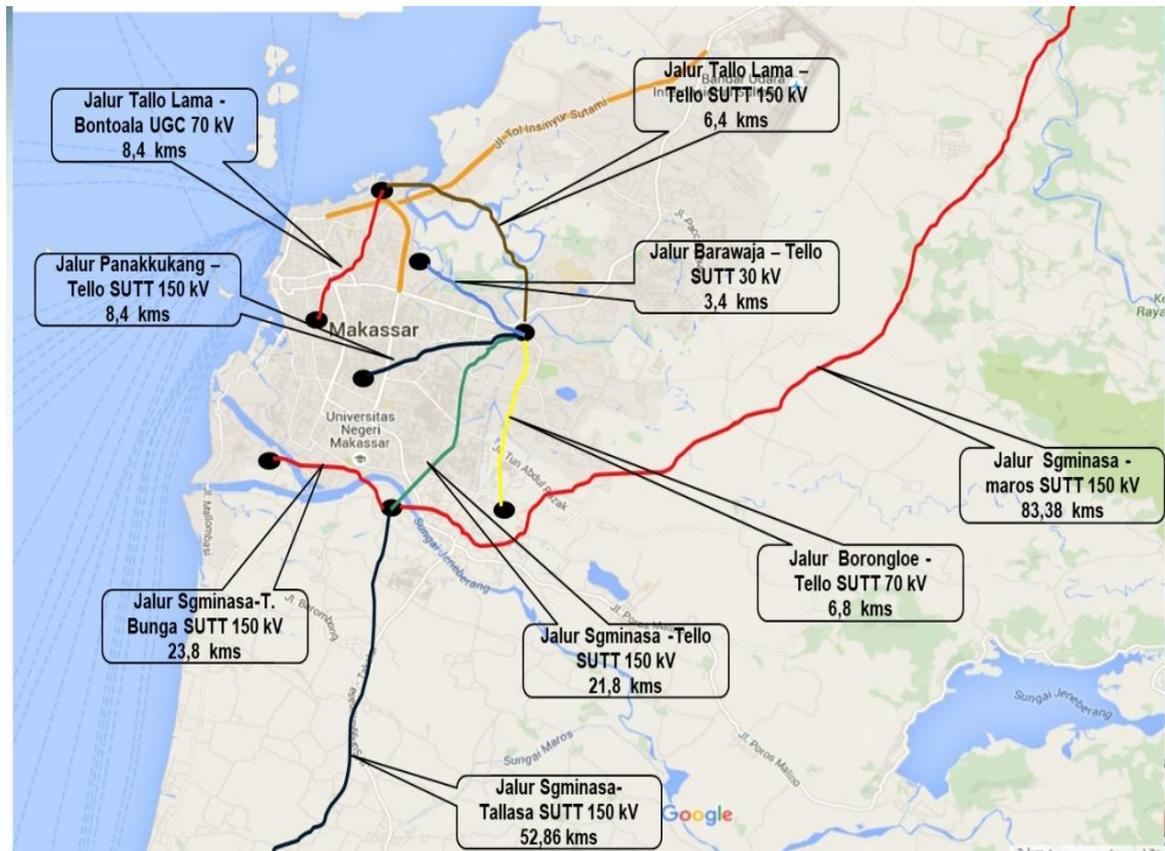
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Jaringan Trasmisi Tragi Panakkukang

Tragi Panakkukang sangat berperan dalam menjaga pasokan listrik secara kontinu, ekonomis, dan handal. Dengan peranan tersebut maka dibutuhkan supply kontinuitas ke pelanggan yang baik sehingga salah satu langkah untuk pencapaiannya dengan analisis *Auto Reclose* pada saluran udara tegangan tinggi. Sistem kelistrikan Tragi Panakkukang mempunyai komposisi sistem tegangan 30 kV, 70 kV dan 150 kV. Setiap relai proteksi untuk pengaman utama SUTT yang dipasang pada jaringan Tragi Panakkukang harus mempunyai kemampuan untuk *tripping* dan *reclosing* tiga-fasa TPAR (*Three Pole Auto Reclose*) dan satu-fasa SPAR (*Single Pole Auto Reclose*). Pelaksanaan reclosing tigafasa harus melalui *synchro-check* relai.

Sistem kelistrikan Tragi Panakkukang mempunyai 9 Gardu Induk dengan komposisi Gardu Induk 150 kV sebanyak 6 buah dan Gardu Induk 70 kV 2 buah dan Gardu Induk 30 kV 1 buah seperti gambar 4.1.



Gambar 4.1. Peta transmisi Tragi Panakkukang

Semua Gardu Induk tersebut sudah terinterkoneksi melalui Saluran Transmisi Tegangan Tinggi (SUTT) dan Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) dan terhubung secara *loop (ring)* pada SUTT 150 kV sejak Januari 2007 dengan total panjang saluran transmisi adalah 227,308 kms, Peta jalur Transmisi tragi Panakkukang dapat dilihat pada gambar 4.1. Untuk jaringan penghantar Tragi Panakkukang terkhusus jaringan SUTT Sungguminasa – Takalar Dan Jaringan SUTT Sungguminasa – Tello serta Jaringan SUTT Sungguminasa – Maros yang menjadi *backbone* dalam penyaluran tenaga listrik dari Pembangkit ke Konsumen, sehingga keandalan sistem proteksi

pada SUTT 150 kV menjadi perhatian khusus untuk menghindari pemadaman meluas akibat gangguan. Selain itu diperlukan peralatan relai proteksi yang selektif, sensitif, cepat dan handal agar gangguan yang terjadi dapat dilokalisir dengan cepat. Dengan peranan tersebut maka dibutuhkan supply kontinuitas ke pelanggan yang baik dengan penerapan *auto reclose* pada saluran udara tegangan tinggi.

### **1. Proteksi Jaringan Transmisi**

Proteksi penghantar yang digunakan pada SUTT 150 & 70 kV di Tragi Panakkukang menerapkan pola pengaman utama & cadangan. Sebagai Relai pengaman utama *relai distance* masih menjadi pilihan utama, sedangkan untuk relai pengaman cadangan adalah *Relai Over Current ( OCR ) / Ground Fault Relai ( GFR )*. Penggunaan relai distance sebagai pengaman utama pada transmisi telah dilengkapi teleproteksi dengan pola PUTT , POTT, dan BASIC, untuk meningkatkan kecepatan dan keandalan kerja relai. Selain *relai distance relai line differential* juga digunakan sebagai pengaman utama, namun hanya diterapkan pada satu ruas saluran tertentu saja yaitu ruas Tello - Panakkukang yang merupakan saluran pendek, sedangkan sebagai backupnya adalah *relai distance* dan *Relai Over Current ( OCR ) / Ground Fault Relai ( GFR )*.

Setiap relai proteksi untuk pengaman utama SUTT yang dipasang pada jaringan Tragi Panakkukang harus mempunyai kemampuan untuk *tripping* dan *reclosing*.

Relai proteksi yang terpasang pada SUTT Tragi Panakkukang terdapat berbagai macam merk yang dibedakan berdasarkan :

- a. Relay Numerik
- b. Relay Digital

Yang berdasarkan data yang ada pada tabel 4.1 bahwa untuk relai numerik terpasang setelah dipersentase dimana relai numerik sekitar 100 %, Relai digital sekitar 0% .

Tabel 4.1 Jumlah relai

JENIS RELAI	JUMLAH	%
NUMERIK	14	100
DIGITAL	0	0
TOTAL	14	100

## B. Jenis Auto Reclose

Sebagai salah satu bentuk kehandalan suatu sistem transmisi yang ada dalam pengembangannya di Tragi Panakkukang, maka dalam setiap pembangunan gardu-gardu induk baru selalu dilengkapi dengan *auto reclose* atau dengan melengkapi gardu induk yang lama dengan beragam jenis yang ada, sedangkan tipe *auto reclose* yang digunakan di sering digunakan.

## 1. Eksternal Auto Reclose

*Eksternal auto reclose* adalah jenis *auto reclose* yang mana relai itu sendiri terpisah, atau berdiri sendiri tanpa ikut dengan relai yang lain diluar dari main proteksi. Dari data-data relai yang ada contoh *eksternal auto reclose* seperti *Alsthom LFAA*, SEL 279, Toshiba RTN 79. Contoh rele *Eksternal auto reclose* dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 4.2 *Eksternal auto reclose type LFAA*

## 2. Internal Auto Reclose

Dimana rele *auto-reclose*, proteksi utama dan *syncro* menjadi satu paket, dan sudah memakai relai numerik dengan IED proteksi, terdapat juga *fault recorder* untuk memudahkan dalam pelacakan gangguan juga untuk penerapan *auto reclose* untuk evaluasi, seperti Toshiba GRZ100 201A/B, Areva Micom P442, P543, ABB REL511 seperti pada gambar 4.3



Gambar 4.3 *Internal auto reclose type GRZ 100*

### C. Pola Auto Reclose

Dalam menentukan jenis pola *auto-reclose* yang akan diterapkan pada suatu saluran utama tegangan tinggi harus memperhatikan beberapa parameter yaitu :

- a. *Dead time*
- b. *Reclaim time*
- c. *Single* atau *multi shoot*

Parameter yang digunakan dalam menetapkan jenis pola *auto reclose* ini banyak dipengaruhi oleh:

- a. Jenis Proteksi
- b. Jenis *switchgear*
- c. Kestabilan sistem.
- d. Efek dari berbagai macam jenis konsumen

## 1. Penentuan Dead Time.

Penentuan dead time harus mempertimbangkan hal berikut :

1. Stabilitas dan sinkronisasi sistem.
  - a. Tidak berpengaruh pada jaringan radial tetapi berpengaruh pada jaringan yang memiliki lebih dari satu sumber (pembangkit atau IBT).
  - b. *Dead time* dipilih sesuai dengan kebutuhan sistem dan keamanan peralatan.
2. Karakteristik PMT.

Waktu yang diperlukan oleh PMT untuk *trip* dan *reclose* harus diperhitungkan, khususnya untuk *Auto reclose* cepat.

- a. Waktu de-ionisasi udara ( lihat tabel di bawah ini )

Tabel 4.2 Waktu de-ionisasi udara

Tegangan Sistem (kV)	Waktu De-ionisi (detik)
66	0.1
110	0.15
132	0.17
220	0.28
275	0.3
400	0.5

- b. *Operating time* PMT (0.05 - 0.1 detik).
- c. Waktu reset mekanik PMT (0.2 detik).

Selain itu pengaruh penurunan kemampuan PMT karena umur harus dipertimbangkan dalam menentukan pola dan waktu operasi ( lambat atau cepat) *Auto reclose*.

### 3. Karakteristik Peralatan Proteksi.

Harus diperhitungkan waktu yang dibutuhkan untuk reset peralatan proteksi.

## 2. Penentuan Reclaim Time.

- a. *Reclaim time* harus lebih lama dari waktu kerja relai proteksi, namun untuk *basic time (instantaneous)* pertimbangan ini tidak diperlukan.
- b. *Reclaim time* harus memperhitungkan waktu yang diperlukan oleh mekanisme closing PMT agar PMT tersebut siap untuk reclose kembali. Umumnya untuk sistem hidrolik memerlukan waktu 10 detik.

## 3. Kriteria Seting Untuk SPAR :

1. *Dead time* :
  - a. Lebih kecil dari seting discrepancy dan seting GFR
  - b. Lebih besar dari operating time pmt, waktu reset mekanik PMT, dan waktu pemadaman busur api + waktu deionisasi udara.
  - c. Tipikal set 0.5 s/d 1 detik.
2. *Reclaim time* :
  - a. Memberi kesempatan pmt untuk kesiapan siklus *Open-Close-Open (O-C-O)* berikutnya.
  - b. Tipikal 40 detik.

#### 4. Kriteria Seting Untuk TPAR

##### 1. *Dead time* :

- a. lebih besar dari *operating time* PMT, waktu reset mekanik PMT, dan waktu pemadaman busur api + waktu deionisasi udara.
- b. Tipikal set 5 s/d 60 detik.
- c. Seting berbeda untuk kedua sisi :
  - Untuk sumber di kedua sisi maka sisi dengan *fault level* rendah *reclose* terlebih dahulu baru kemudian sisi lawannya.
  - Untuk sumber di satu sisi (*radial double sirkit*) bila tidak terdapat cek Sinkron untuk operasi manual yang terpisah dari cek Sinkron untuk *Auto reclose* maka untuk keperluan manuver operasi, *reclose* pertama dapat dilakukan dari sisi sumber.
- d. SUTT yang tersambung ke pembangkit
  - Auto Reclose untuk SUTT yang kedua sisi tersambung ke Pembangkit maka pola yang dipilih TPAR (inisiate gangguan 1 fasa) dengan *seting dead time* lebih lama.
  - SUTT yang hanya satu sisi tersambung ke pembangkit maka pola yang dipilih TPAR dengan pola cek sinkron di sisi pembangkit disetting *DeadLine/Dead Bus out*.

##### 2. *Reclaim time* :

- a. Memberi kesempatan PMT untuk kesiapan siklus *Open-Close-Open* (O-C-O) berikutnya.

b. Tipikal 40 detik.

Pemilihan pola *single phase auto reclosing* (SPAR) atau *three phase auto reclosing* (TPAR) dengan waktu *reclose* cepat atau lambat harus mempertimbangkan batas stabilitas sistem, karakteristik PMT dan peralatan proteksi yang digunakan. Pertimbangan ini menyangkut besarnya nilai setelan untuk *dead time* dan *reclaim time*. Pemilihan pola *single phase auto reclosing* (SPAR) atau *three phase auto reclosing* (TPAR) dengan waktu *reclose* cepat atau lambat harus mempertimbangkan konfigurasi jaringan seperti dibawah ini :

1. Jaringan radial sirkuit tunggal.
2. Jaringan radial sirkuit ganda.
3. Jaringan looping sirkuit tunggal.
4. Jaringan looping sirkuit ganda.

Pemilihan pola *Auto Reclose* dengan waktu *reclose* cepat atau lambat harus mempertimbangkan persyaratan pada kedua ujung saluran antara lain

1. kemungkinan *reclose* pada gangguan permanen.
2. kemungkinan gagal sinkron pada saat *reclose*.
3. salah satu sisi tersambung ke unit pembangkit.
4. penutupan dua PMT yang tidak serentak

## **D. Indikasi *Auto Reclose***

### **1. Kriteria *Auto Reclose* Gagal**

Didalam penerapan pola *Auto reclose*, ada beberapa faktor yang ada dibawah ini menyebabkan *Auto reclose* tidak sukses atau blok *Auto reclose* terjadi bila;

- a. PMT dibuka secara manual atau PMT ditutup secara manual baik dari lokal, *remote* dan *supervise*.
- b. Status CB tidak tepat.
- c. PMT trip oleh CBF (*Circuit Breaker Failure*).
- d. PMT trip oleh pengaman cadangan (Z2, Z3, Z4, DOCR/DEF, OCR/GFR).
- e. SOTF (*Switch onto Fault*)
- f. TOR (*Trip on reclose*)
- g. PMT trip oleh *out of step protection* atau *power swing*

## **E. Analisisn pola *Auto reclose* di SUTT di Tragi Panakkukang**

### **1. Penentuan *setting Dead Time***

*Dead Time* adalah waktu tunda untuk memberikan perintah penutupan kembali (*reclose*) pada PMT sejak relai proteksi memberikan perintah pemutusan Untuk menentukan *dead time* diperlukan data jaringan transmisi yaitu *single line* dan sistem tegangan untuk stabilitas sistem , jenis peralatan proteksi yang digunakan pada saluran utama tegangan tinggi (SUTT) untuk waktu kerja rele pengaman serta data-data

karakteristik PMT , waktu padam busur api (de-ionisasi udara) serta waktu kerja pole discrepancy.

Penyetelan *dead time* juga harus memperhatikan karakteristik PMT, PMT mempunyai batas waktu minimum agar dapat merespon perintah close dengan baik setelah mendapat perintah trip. Karakteristik ini disebut trip-close operation time yang bervariasi tergantung jenis penggerak PMT dan media pemadam busur apinya. Misalnya untuk jenis PMT *Sf6* yang paling banyak digunakan di Tragi Panakkukang mempunyai trip-close operation time kira sebesar 200 sampai 300ms. Sebagai contoh yang ada pada gambar 4.2. dipakai data contoh PMT Merek PMT ABB, tipe LTB 17001/8 dengan waktu buka PMT 300 ms.

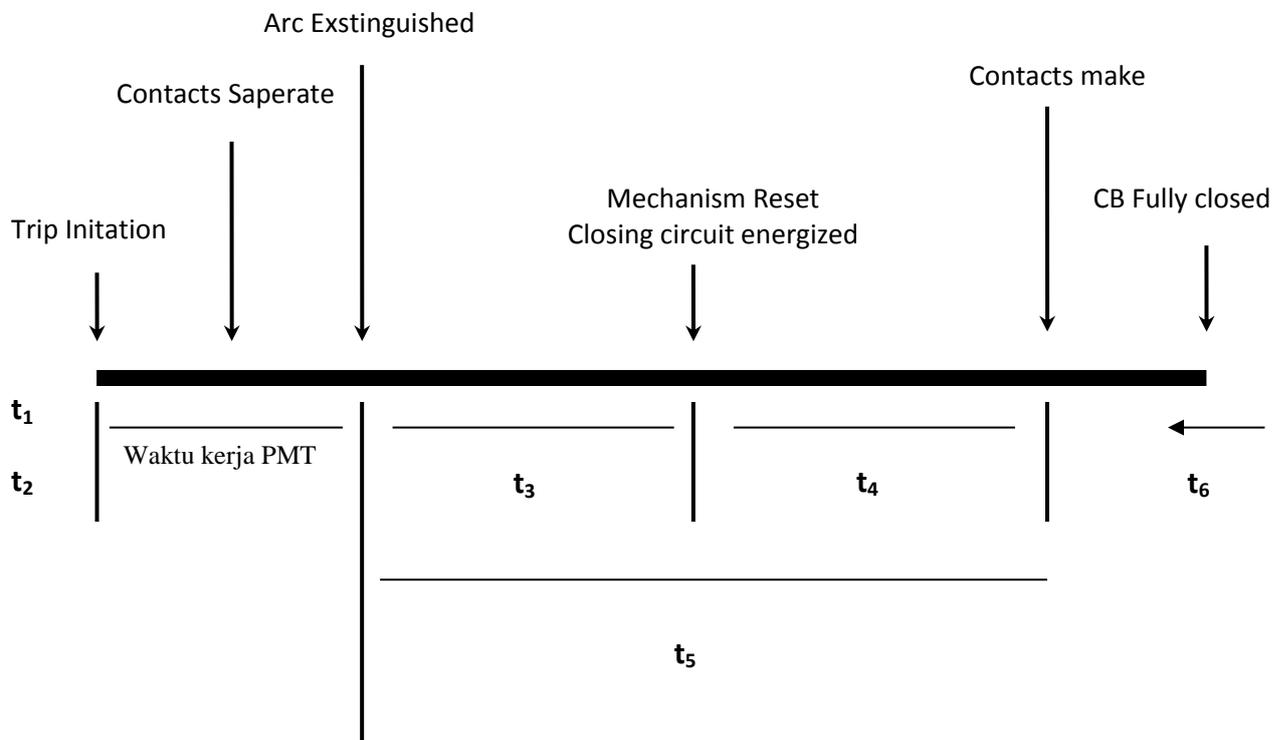
ABB		Circuit-breaker type		LTB 1700/8	
Circuit-breaker type	LTB	1700	8	20 kV	1700/8
No.	1700	8			
Order No.	1700	8			
Voltage				AC 17.5 kV	17.5 kV
Insulation level at altitude				AC 17.5 kV	17.5 kV
Lighting impulse withstand voltage				50 kV	50 kV
Switching impulse withstand voltage				50 kV	50 kV
Power frequency withstand voltage				50 kV	50 kV
Frequency				50 Hz	50 Hz
Normal current				1700 A	1700 A
Short-circuit breaking current				8 kA	8 kA
DC component				0.6 kA	0.6 kA
First pole-to-clear factor				1.1	1.1
Making current				1700 A	1700 A
Short-line withstand current				8 kA	8 kA
Line-charging breaking current				0.6 kA	0.6 kA
Classification				1700/8	1700/8

Gambar 4.4 Data PMT ABB LTB 1700/8

Tabel 4.3  
Data Waktu operasi *Trip close* Macam jenis PMT

<b>Waktu ( t )</b>	<b>Oil 11 kV</b>	<b>Vacuum 15 kV</b>	<b>Oil 132 Kv</b>	<b>Air 380 kV</b>	<b>SF6 132 Kv</b>	<b>SF6 380 kV</b>
<b>t<sub>1</sub></b>	0,06	0,038	0,03	0,035	0,04	0,02
<b>t<sub>2</sub></b>	0,1	0,53	0,06	0,045	0,07	0,05
<b>t<sub>3</sub></b>	0,08	0,023	0,2	0,235	0,03	0,01
<b>t<sub>4</sub></b>	0,16	0,048	0,35	0,065	0,08	0,06
<b>t<sub>5</sub></b>	0,24	0,28	0,55	0,3	0,11	0,07
<b>t<sub>6</sub></b>	0,02	0,07	0,01	0,02	0,12	0,04

Sumber : Areva



Gambar 4.5 Diagram waktu operasi *Trip close* Macam jenis PMT

Perhitungan setting *dead time* berdasarkan data PMT dan karakteristik sistem yang digunakan maka :

e. Waktu buka PMT :

Waktu buka PMT = Trip initiation → Contacts saperate → Arc Exstinguished → Mechanism reset.

Dimana :

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu buka PMT} &= t_1 + t_2 + t_3 \\
 &= 0,02 + 0,05 + 0,01 \text{ s} \\
 &= \mathbf{0,08 \text{ s}} \\
 &= \mathbf{80 \text{ ms}}
 \end{aligned}$$

Dan sebagai data perbandingan waktu buka untuk PMT Line Sungguminasa – Tello berdasarkan Hasil Pemeliharaan tahun 2017 adalah sebesar 50ms.

f. Waktu reset proteksi :

berdasarkan data relai proteksi adalah 100ms parameter

g. Waktu tutup PMT .

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu Tutup PMT} &= (\text{Close command} \rightarrow \text{Contacts make}): \\
 \text{Waktu Tutup PMT} &= t_4 + t_6 \\
 &= 0,06 + 0,04 \text{ s} \\
 \text{Waktu Tutup PMT} &= \mathbf{0,1 \text{ s ( 100 ms )}}
 \end{aligned}$$

Dan sebagai data perbandingan waktu buka untuk PMT Line Sungguminasa – Tello berdasarkan hasil pemeliharaan tahun 2017 data adalah sebesar 70ms.

h. Waktu De-ionisasi udara untuk tegangan 150 kV

Dimana Tmin untuk Deionisasi udara berdasarkan rumus :

$$T_{\min} = 10,5 + \frac{V (\text{Tegangan sistem})}{34.5} \text{ Cycle}$$

$$T_{\min} = 10,5 + \frac{150}{34,5} \text{ Cycle}$$

$$T_{\min} = 10,5 + 4,347 \text{ Cycle}$$

$$T_{\min} = 14,847 \text{ Cycle}$$

Dimana diketahui:

$$1 \text{ F} = 50 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ cycle} = \frac{1}{50} \text{ s}$$

Jadi waktu minimum ( $T_{\min}$ ) :

$$T_{\min} = \frac{1}{50} \cdot 14,847 = \frac{14,847}{50} \text{ Hz}$$

$$T_{\min} = 0,29694 \text{ s}$$

$$= 0,3 \text{ s (DIBULATKAN)}$$

Maka Setting minimum untuk dead time adalah:

Setting dead time minimum = **(Waktu buka PMT) + (Waktu Reset**

**Proteksi)**

$$= 80 \text{ ms} + 100 \text{ ms}$$

$$= 180 \text{ ms}$$

Setting dead time DENGAN DE-IONISASI UDARA

$$= ( \text{ Waktu Buka PMT } ) + ( \text{ Waktu Deionisasi udara } ) - ( \text{ Waktu tutup PMT } )$$

$$= 80 + 300 - 100 \text{ ms}$$

$$= \mathbf{280ms}$$

Tabel 4.4  
Data Waktu De-ionisasi udara

Tegangan (kV)	Waktu De-ionisasi (s)
66	0.25
150	0.30
275	0.37
500	0.50

Sumber : *Power System Protection, P.M. Anderson*

Dari hasil perhitungan setting dead time untuk waktu de-ionisasi udara disimpulkan bahwa setting dead time = 280 ms.

Sesuai Margin standard, setting dead time *auto recloser*  $\pm$  ( 0,3 – 0,5 s )

Maka diperoleh data setting dead time adalah

$$= 0,28 + 0,3 = \mathbf{0,58 \text{ s}}$$

$$= 0,5 + 0,28 = \mathbf{0,78 \text{ s}}$$

Sehingga hasil setting untuk dead time = 0,58 – 0,78 s

## 2. Penentuan *Reclaim Time*

*Reclaim Time* adalah rentang waktu tertentu diantara PMT tutup kembali dengan siklus penuh *auto reclose* reset kembali. *Reclaim time* ditetapkan dengan mempertimbangkan kemampuan PMT untuk siap melakukan operasi *trip - close - trip* kembali. Ketika PMT ditutup, PMT akan melakukan charging ke mekanik penggerak PMT. PMT di larang untuk *close* selama proses ini. Untuk mengakomodasi hal ini, maka *reclaim time* pada auto reclose di setting lebih besar dari waktu yang

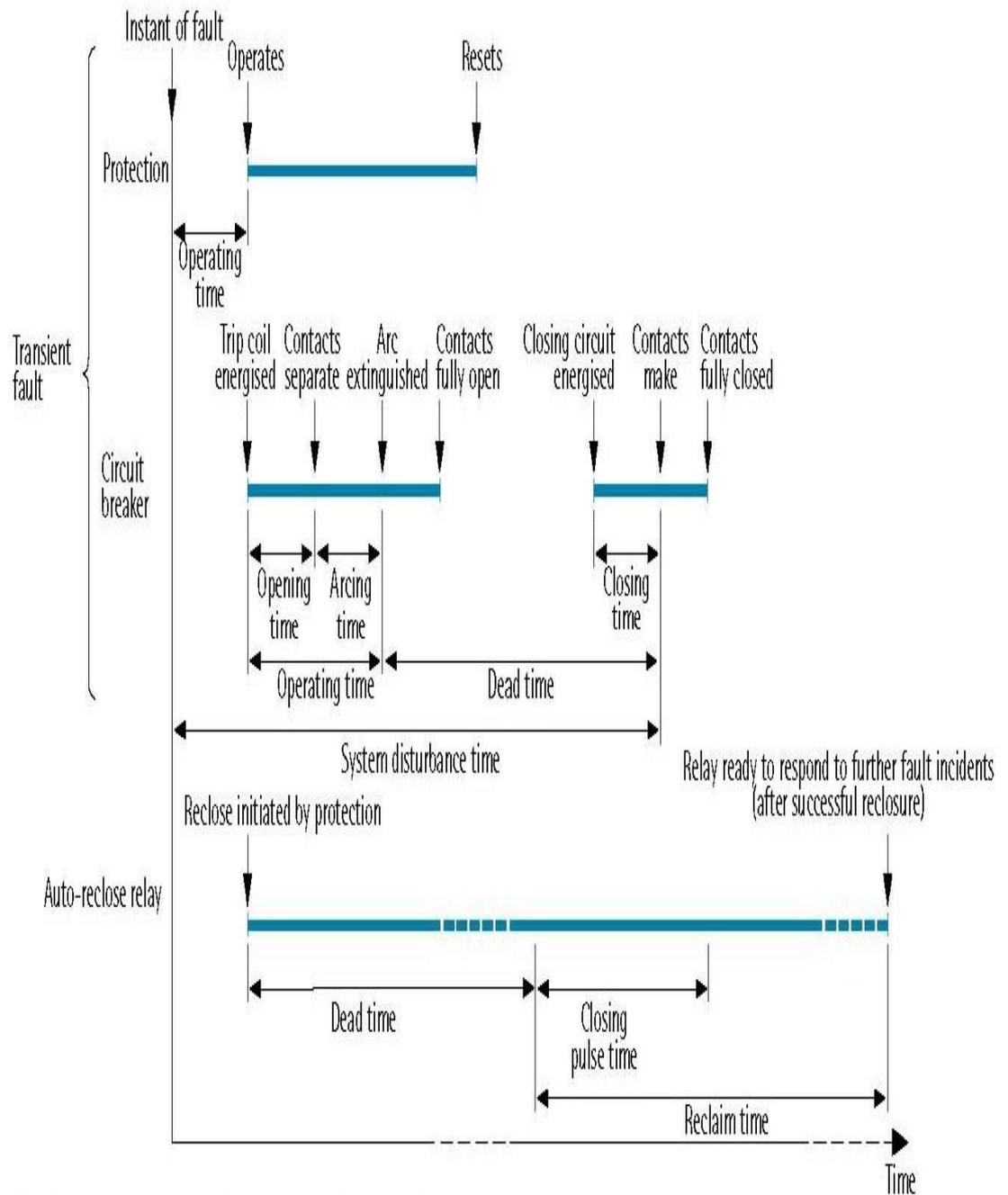
diperlukan PMT untuk siap melakukan operasi *trip - close - trip*. Dalam penentuan *reclaim time* harus berdasarkan waktu mekanik PMT untuk melakukan pola *open-close-open* (O-C-O ). Berdasar data PMT yang banyak digunakan di Unit Tragi Panakkukang yaitu PMT SF6 sebagai data contoh PMT *ABB* untuk siklus *open-close-open* membutuhkan waktu sebesar 3 detik .maka untuk *reclaim time* berdasarkan data waktu mekanik PMT adalah lebih besar dari 3 detik adalah sebesar 4 detik.

### 3. Penentuan Pola

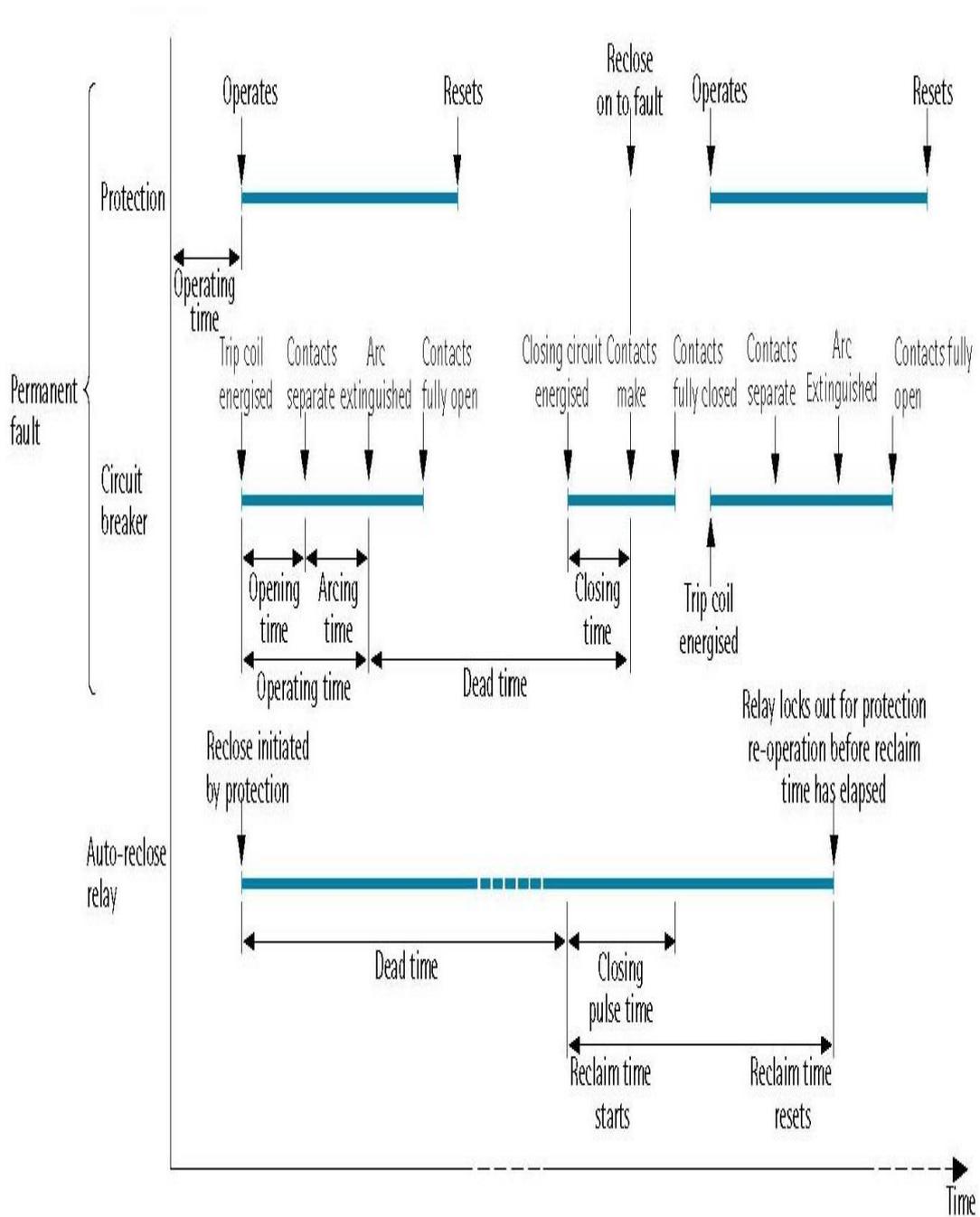
Berdasarkan hasil perhitungan *dead time* dan *reclaim time* dengan hasil 0,58 – 0,78 s untuk *dead time* dan 4 s untuk *reclaim time*, berdasarkan hasil analisa yang sebagai berikut :

1. Nilai *dead time* yang lebih kecil dari setelan *rele ground fault*.
2. Nilai *dead time* yang lebih besar dari waktu kerja PMT, waktu reset mekanik PMT, dan waktu pemadaman busur api dan waktu deionisasi udara.
3. Waktu *Reclaim time* 4 s dapat memberi kesempatan pmt untuk kesiapan siklus O-C-O berikutnya.
4. Berdasarkan stabilitas sistem, karaktesitik PMT dan peralatan proteksi yang digunakan.

Maka diambil kesimpulan, pola auto reclose yang digunakan sesuai dengan krieria *Single pole auto reclose* ( **SPAR** ) dengan sekali reclose. Siklus *auto reclose* untuk gangguan permanen dan gangguan transien dapat dilihat pada gambar 4.6 dan 4.7



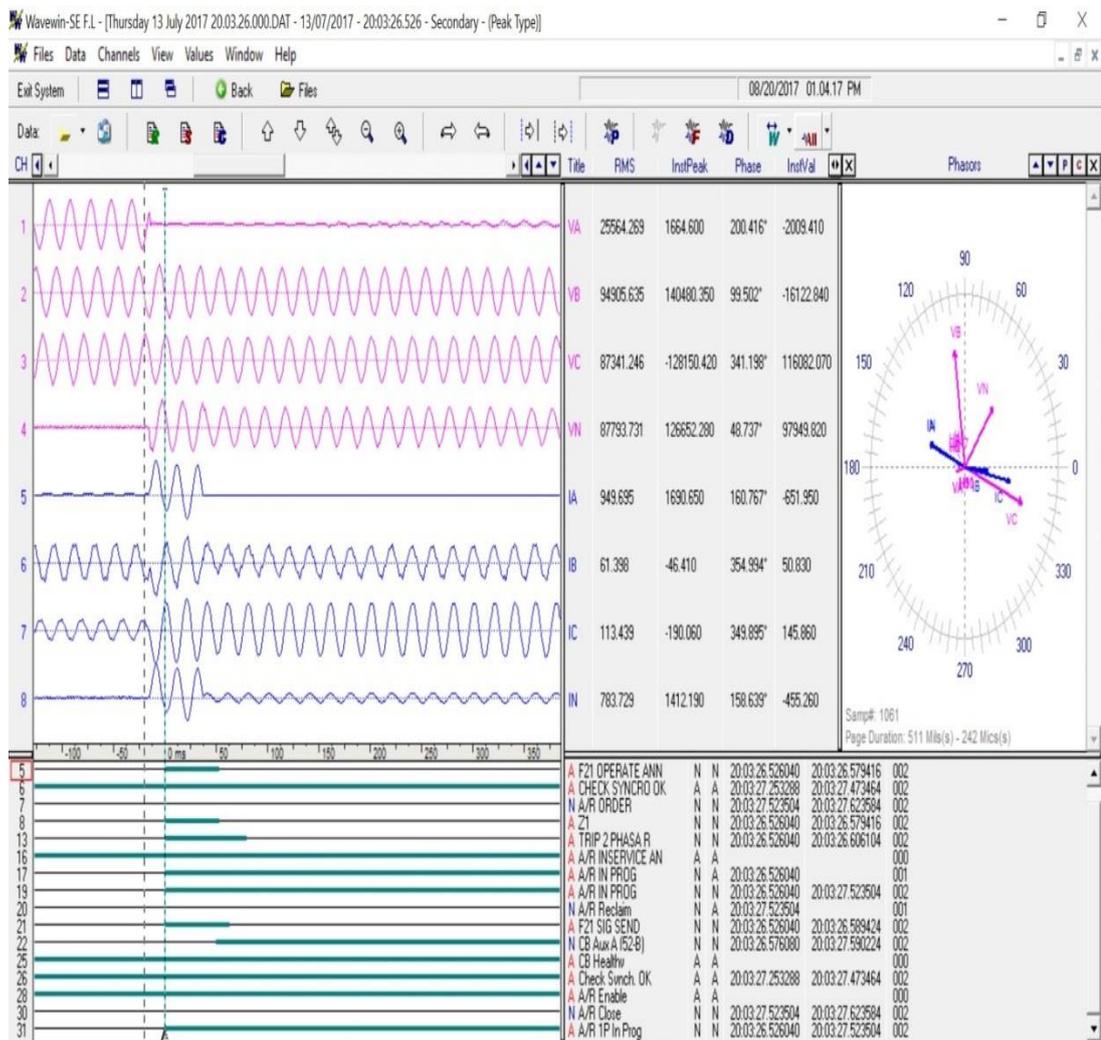
Gambar 4.6 Alir waktu *auto reclose* & PMT gangguan transien



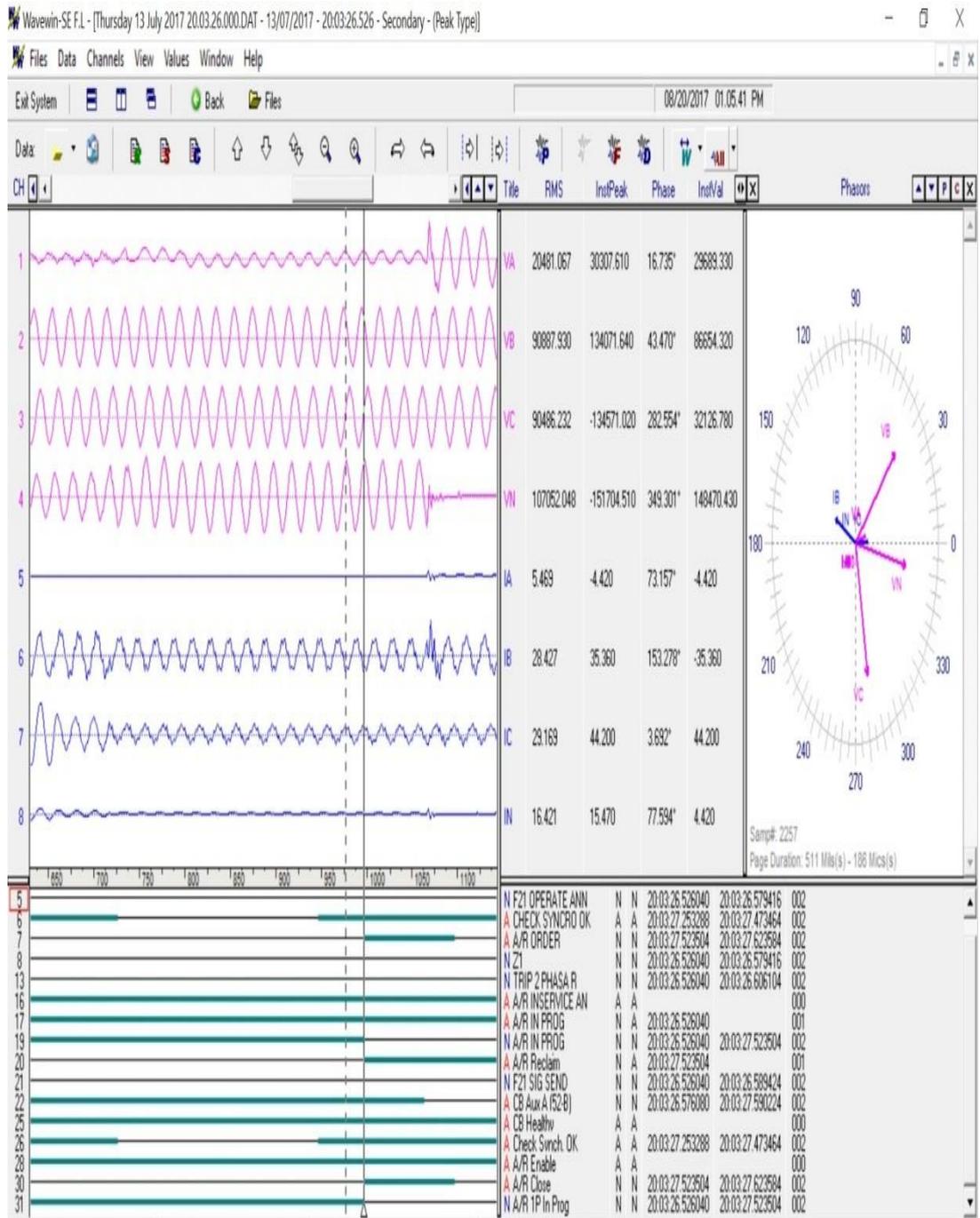
Gambar 4.7 Alir waktu auto reclose & PMT gangguan permanen

## F. Contoh Kasus Auto Reclose

Gangguan terjadi *Sunguminasa - Tello 1* pada tanggal 9 Juli 2017 jam 20:03 Wib karena ada angin kencang/puting beliung



Gambar. 4.8 Data Relai Pada saat Gangguan



Gambar. 4.9 Data Relai Lanjutan Pada saat Gangguan

N TRIP 1 PHASA T	N	N			000
N TRIP 1 PHASA S	N	N			000
A TRIP 1 PHASA R	N	N	20:03:26.526040	20:03:26.606104	002
N F67 OPERATE ANN	N	N			000
A F21 OPERATE ANN	N	N	20:03:26.526040	20:03:26.579416	002
A CHECK SYNCRO OK	A	A	20:03:27.253288	20:03:27.473464	002
N A/R ORDER	N	N	20:03:27.523504	20:03:27.623584	002
A Z1	N	N	20:03:26.526040	20:03:26.579416	002
N Z2	N	N			000
N Z3	N	N			000
N TRIP 2 PHASA T	N	N			000
N TRIP 2 PHASA S	N	N			000
A TRIP 2 PHASA R	N	N	20:03:26.526040	20:03:26.606104	002
N F21 SIG RECV	N	N			000
N A/R L/D ANN	N	N			000
A A/R INSERVICE AN	A	A			000

Gambar.4.10 Data Event Relé 1

A A/R IN PROG	N	A	20:03:26.526040		001
N A/R L/D	N	N			000
A A/R IN PROG	N	N	20:03:26.526040	20:03:27.523504	002
N A/R Reclaim	N	A	20:03:27.523504		001
A F21 SIG SEND	N	N	20:03:26.526040	20:03:26.589424	002
N CB Aux A (52-B)	N	N	20:03:26.576080	20:03:27.590224	002
N CB Aux B (52-B)	N	N			000
N CB Aux C (52-B)	N	N			000
A CB Healthv	A	A			000
A Check Synch. OK	A	A	20:03:27.253288	20:03:27.473464	002
N VT Fail Alarm	N	N			000
A A/R Enable	A	A			000
N AR Lockout Shot	N	N			000
N A/R Close	N	N	20:03:27.523504	20:03:27.623584	002
A A/R 1P In Prog	N	N	20:03:26.526040	20:03:27.523504	002
N DIST. Chan Recv	N	N			000

Gambar. 4.11 Data Event Relé 2

Berdasarkan data gangguan pada Indikasi relai distance pada Gambar 4.8 dan 4.9 dengan pola SPAR berdasarkan keterangan A/R IP In Prog sesuai dengan event relai pada gambar 4.10 terjadi gangguan Z1 pada fasa R pada pukul 20:03:26,526040 - 20:03:26,606104 sehingga PMT lepas dan kemudian fasa R masuk kembali, dengan Pola Auto Reclose Single pole auto reclose (SPAR) sukses.

Berdasarkan analisa data gangguan pada *CB Aux A (52-B)* dan A/R IP In Prog Yaitu :

*CB Aux A (52-B)*

20:03:26,576080 - 20:03:27,590224

**≡ 0,001014 waktu kerja PMT**

A/R In PROG

20:03:26,526040 - 20:03:27,523504

**≡ 0,997464 Detik ( Dead time )**

Jadi Nilai dead time > dari waktu kerja pmt, serta nilai dead time sesuai dengan kriteria penerapan pola single pole auto reclose ( SPAR ) yaitu dimana ditunjukkan pada gambar 4.12 dan 4.13



Gambar 4.12 Perbandingan antara selisih dead time dan menurut perumusan

perbandingan antara setting dead time berdasarkan data PMT dan karakteristik sistem pada gambar 4.12 yaitu 0,58 – 0,78 detik dimana setting dead time 1 detik



Gambar. 4.13 perbandingan antara selisih dead time dengan contoh kasus

Sedangkan analisis data gangguan pada contoh kasus pada gambar 4.13 yaitu 0,001014 – 0,997464 detik dimana setting dead time 1 detik.



Gambar 4.14 Diagram perbandingan antara perumusan dan contoh kasus

Maka didapatkan selisih antara waktu pada perumusan dan contoh kasus pada diagram gambar 4.14 yaitu

Contoh kasus :	0,997464
Perumusan :	<u>0,78</u>
Selisih :	<b>0,2117464</b>

Jadi didapatkan nilai sebesar 0,578986 – **0,2117464** detik, dimana hasil dari perumusan dikurangkan dengan hasil dari contoh kasus.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. KESIMPULAN

1. Hasil perhitungan *Dead time* minimum tanpa de-ionisasi udara adalah 180 ms dan perhitungan *dead time* dengan de-ionisasi udara adalah 280 ms dengan penambahan *safety margin* (  $\pm 0,3 - 0,5$  ) sesuai standar PLN diperoleh nilai setting *dead time* dengan de-ionisasi udara yaitu sebesar  
 $0.28 + 0.3 = 0,58s.$   
 $0.5 + 0.28 = 0,78s.$   
Jadi, hasil untuk setting *dead time* menggunakan *safety margin* yaitu **0.58-0.78s.**
2. Hasil perhitungan waktu proteksi untuk *trip* dan *Lock out* dan waktu mekanik PMT untuk melakukan pola *open-close-open* (O-C-O ) diperoleh nilai 4 s ( standar PLN ) dan dari Perhitungan *dead time* dan *reclaim time* didapatkan hasil yang sesuai dengan kriteria pola *Single Pole Auto Reclose* (SPAR).

#### B. SARAN

1. Melalui skripsi ini diharapkan dapat memberi gambaran mengenai *Auto Reclose* dan penerapannya di jaringan transmisi.
2. Diharapkan melalui skripsi ini bisa dijadikan kedepan sebagai bahan penelitian oleh mahasiswa

**DAFTAR PUSTAKA**

- Arismunandar, A, S. Kuwahara. 1982, *Teknik Tenaga Listrik*, Jilid II Cetak kelima, PT. Pardy Paramita, Jakarta.
- Areva T&D, 2002, *Auto reclosing manual book*, Edisi pertama, Areva T&D, Place de la Coupole - 92084 Paris La Défense - France.
- AP2B Sistem Sulsel, 2008, *Draft Buku Pedoman Operasi & Maintenance Proteksi*, AP2B Sistem Sulsel, Makassar.
- Kadir, Abdul, 1998, *Transmisi Tenaga Listrik*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Srichand Injeti, 2008, *ECE 586b Course Project Report Auto Reclose*, Department of Electrical and computer Engineering University of Western Ontario, London Otario.
- Stevenson, William D, 1990, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.

## LAMPIRAN

Data Waktu operasi *Trip close* Macam jenis PMT

<b>Waktu ( t )</b>	<b>Oil 11 kV</b>	<b>Vacuum 15 kV</b>	<b>Oil 132 kV</b>	<b>Air 380 kV</b>	<b>SF6 132 kV</b>	<b>SF6 380 kV</b>
<b>t<sub>1</sub></b>	0,06	0,038	0,03	0,035	0,04	0,02
<b>t<sub>2</sub></b>	0,1	0,53	0,06	0,045	0,07	0,05
<b>t<sub>3</sub></b>	0,08	0,023	0,2	0,235	0,03	0,01
<b>t<sub>4</sub></b>	0,16	0,048	0,35	0,065	0,08	0,06
<b>t<sub>5</sub></b>	0,24	0,28	0,55	0,3	0,11	0,07
<b>t<sub>6</sub></b>	0,02	0,07	0,01	0,02	0,12	0,04

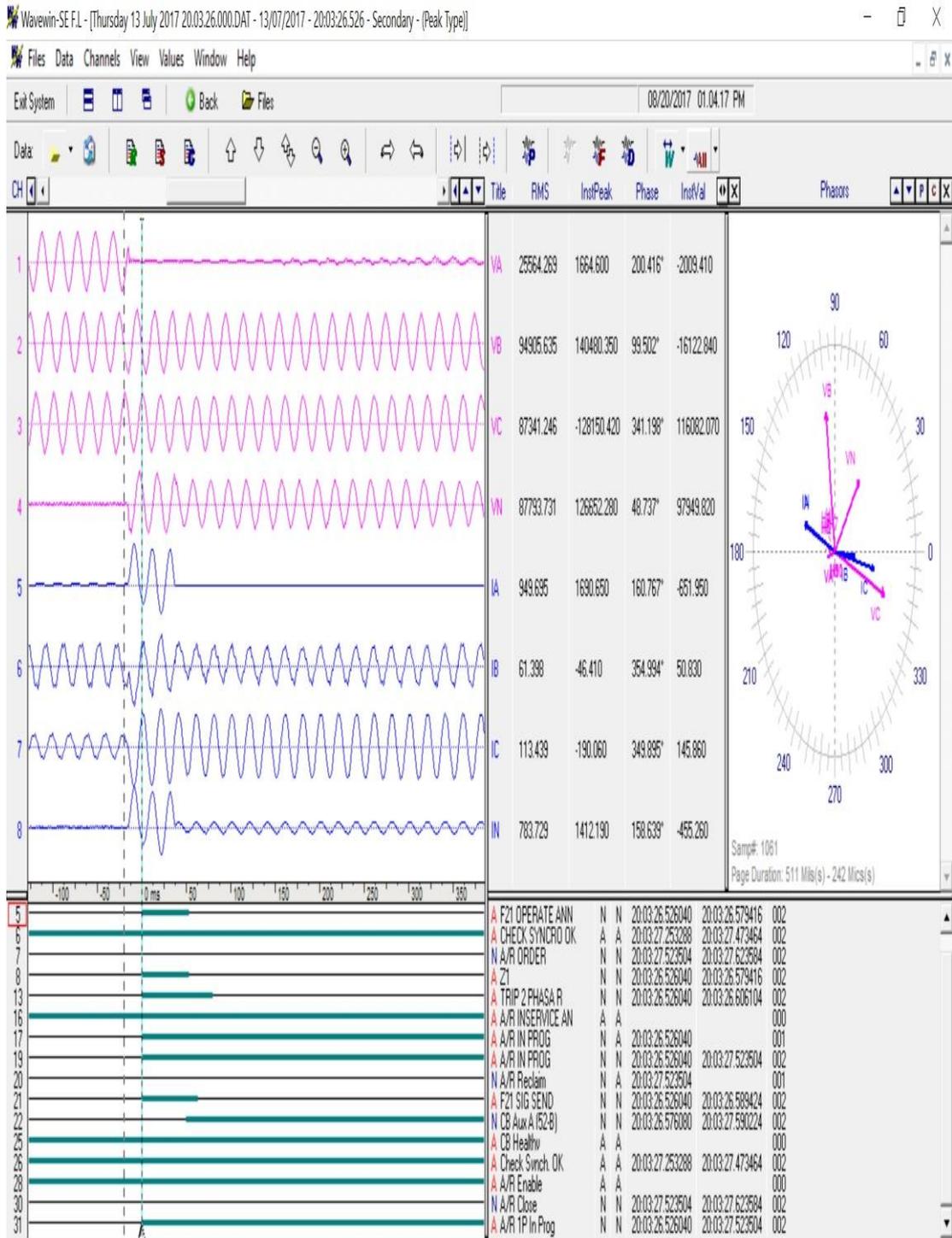
Sumber : Areva

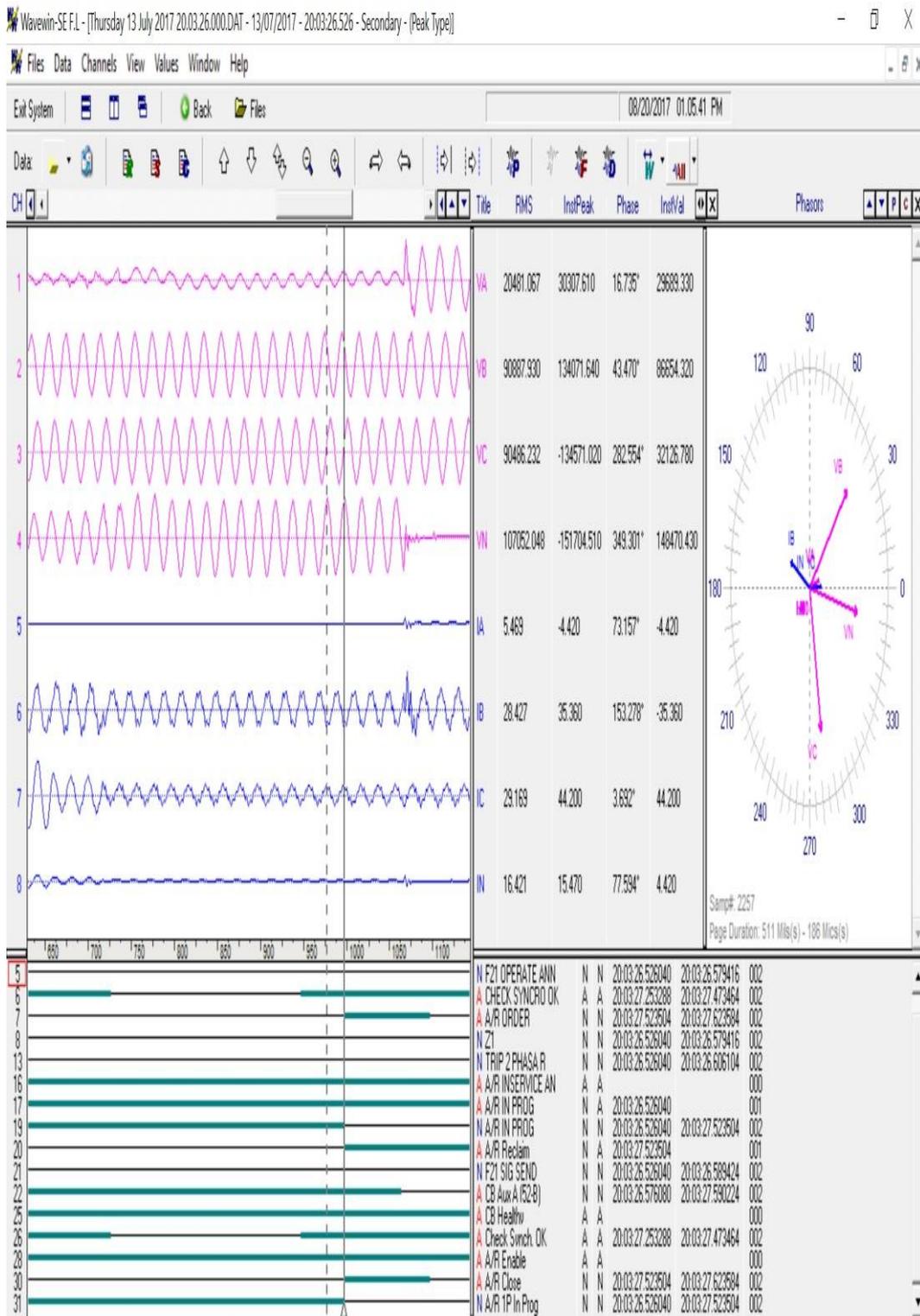
## Data Event Rele

N TRIP 1 PHASA T	N	N			000
N TRIP 1 PHASA S	N	N			000
A TRIP 1 PHASA R	N	N	20:03:26.526040	20:03:26.606104	002
N F67 OPERATE ANN	N	N			000
A F21 OPERATE ANN	N	N	20:03:26.526040	20:03:26.579416	002
A CHECK SYNCRO OK	A	A	20:03:27.253288	20:03:27.473464	002
N A/R ORDER	N	N	20:03:27.523504	20:03:27.623584	002
A Z1	N	N	20:03:26.526040	20:03:26.579416	002
N Z2	N	N			000
N Z3	N	N			000
N TRIP 2 PHASA T	N	N			000
N TRIP 2 PHASA S	N	N			000
A TRIP 2 PHASA R	N	N	20:03:26.526040	20:03:26.606104	002
N F21 SIG RECV	N	N			000
N A/R L/O ANN	N	N			000
A A/R INSERVICE AN	A	A			000

A A/R IN PROG	N	A	20:03:26.526040		001
N A/R L/O	N	N			000
A A/R IN PROG	N	N	20:03:26.526040	20:03:27.523504	002
N A/R Reclaim	N	A	20:03:27.523504		001
A F21 SIG SEND	N	N	20:03:26.526040	20:03:26.589424	002
N CB Aux A (52-B)	N	N	20:03:26.576080	20:03:27.590224	002
N CB Aux B (52-B)	N	N			000
N CB Aux C (52-B)	N	N			000
A CB Healthv	A	A			000
A Check Svnch. OK	A	A	20:03:27.253288	20:03:27.473464	002
N VT Fail Alarm	N	N			000
A A/R Enable	A	A			000
N AR Lockout Shot>	N	N			000
N A/R Close	N	N	20:03:27.523504	20:03:27.623584	002
A A/R 1P In Prog	N	N	20:03:26.526040	20:03:27.523504	002
N DIST. Chan Recv	N	N			000

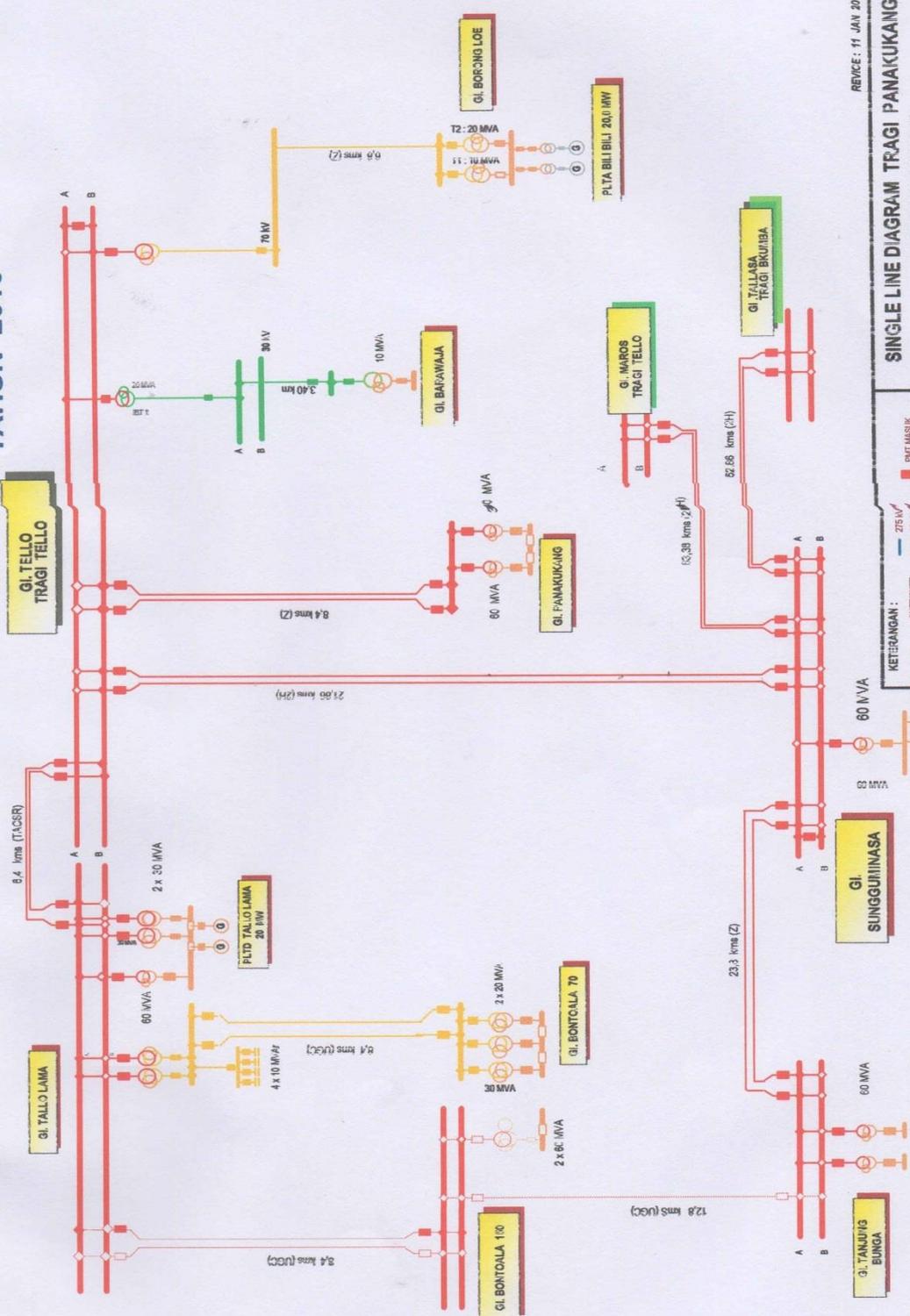
### Data Relai Pada saat Gangguan





# SINGLE LINE DIAGRAM TRAGI PANAKUKANG TAHUN 2016

PT. PLN (PERSERO) WILAYAH SULSELBARABAR  
 UPT. SULSELBARABAR  
 UNIT TRAGI PANAKUKANG



REVISI: 11 JAN 2016

### SINGLE LINE DIAGRAM TRAGI PANAKUKANG KONDISI NORMAL

PT. PLN (PERSERO) SULSELBARABAR (ULTRA & SULBAR)  
 Area Pelayanan dan Pengantar Jabatan  
 Tragi Panakukang  
Jl. Lopo Panakukang 110, 8 Makassar, 9025, Sulawesi Selatan

<p><b>KETERANGAN:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 275 kV</li> <li>— 150 kV</li> <li>— 90 kV</li> <li>— 30 kV</li> <li>— 12 kV</li> </ul> <p>— SUTIBSKT              - - - SKT              - - - RENCANA              - - - SD 2013</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ PMS MASUK</li> <li>□ PMS KELUAR</li> <li>◆ PMS MASUK</li> <li>◇ PMS KELUAR</li> </ul>
--	--

Dibuat oleh: **MOCHI MUNIP**  
 JURNI: 3