

TUGAS AKHIR

ANALISA HASIL PENGUJIAN KESEREMPAKAN PEMUTUS TENAGA 150 kV BAY TRAFU DAYA 1 GARDU INDUK GLUGUR TERHADAP KINERJA PERALATAN

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik (ST) Pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MUHAMMAD ILHAM

1607220070



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : MuhammadIlham

NPM : 1607220070

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisa Hasil Pengujian Keserempakan Pemutus Tenaga 150kV
Bay Trafo Daya 1 Gardu Induk Glugur Terhadap Kinerja Peralatan

Bidang ilmu : Tegangan Tinggi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 9 November 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I



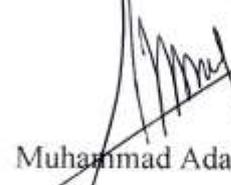
Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd

Dosen Penguji I



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

Dosen Penguji II



Muhammad Adam S.T., M.T



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Muhammad Ilham
Tempat/Tanggal Lahir : Medan/02 Juni 1998
NPM : 1607220070
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

“Analisa Hasil Pengujian Keserempakan Pemutus Tenaga 150 kV Bay Travo Daya 1 Gardu Induk Glugur Terhadap Kinerja Peralatan”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan materian dan non material, atau pun segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis Tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang di bentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau pun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademi di Program Studi Teknik Elektro/Mesin/Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.

Medan, 9 November 2022

Saya yang menyatakan



Muhammad Ilham

ABSTRAK

Pengukuran tahanan isolasi pada PMT adalah untuk mengetahui berapa besar kebocoran arus yang terjadi antara bagian yang bertegangan terhadap tanah. Pengujian tahanan kontak dilakukan untuk mengetahui rugi-rugi teknis yang disebabkan titik-titik sambungan. Pengujian tahanan pertahanan dilakukan untuk mengetahui nilai tahanan terminal terhadap tanah. Pengujian keserempakan PMT bertujuan untuk mengetahui waktu kerja PMT secara individu serta untuk mengetahui keserempakan PMT pada saat menutup atau pun membuka. (Pramono,2019).Oleh sebab itu, dilakukan penelitian terhadap hasil pengujian keserempakan PMT pada Gardu Induk Glugur untuk melihat kualitas dari PMT, serta membahas metode perhitungan nilai perbandingan hasil pengujian pemeliharaan PMT tersebut dengan tujuan Menganalisis cara kerja pemutus tenaga (PMT) pada gardu induk.Dan Untuk mengetahui hasil dari pelaksanaan pemeliharaan iniMengetahui prosedur/metode pemeliharaan pemutus tenaga (PMT) pada gardu induk Dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan tugas akhir ini dilakukan dengan pengambilan data langsung di PT. PLN (Persero) UPT Medan Gardu Induk 150 kV Glugur Jalan KL. Yos Sudarso Lor. 12 Medan Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu di mulai dari bulan Februari s/d Maret 2020.Maka kesimpulan analisis pengujian keserempakan PMT yang telah dilakukan dengan metode analisa perhitungan selisih, dapat di nyatakan bahwa PMT pada bay trafo daya 1 glugur masi dalam kondisi baik namun tetap adanya pemantauan peralata.dan Analisa perhitungan pada analisis pengujian keserempakan PMT ini menggunakan perhitungan selisih waktu (Δt).

Keywords : Keserempakan Pemutus Tenaga, Trafo Daya

ABSTRACT

Measurement of insulation resistance at PMT is to find out how much leakage current occurs between the voltage-to-ground parts. The contact resistance test is carried out to determine the technical losses caused by the connection points. Defense resistance testing is carried out to determine the value of the terminal resistance to the ground. The PMT spice test aims to determine the PMT working time individually and to determine the PMT spice when it is closed or opened. (Pramono, 2019). Therefore, a study was carried out on the results of PMT simultaneous testing at the Glugur Substation to see the quality of the PMT, as well as discussing the method for calculating the comparative value of the PMT maintenance test results with the aim of analyzing how the circuit breaker (PMT) works at the substation. main. And to find out the results of carrying out this maintenance Knowing the procedures/methods of maintaining the power circuit breaker (PMT) at the main substation In carrying out the research and writing of this final project carried out by collecting data directly at PT. PLN (Persero) UPT Medan Substation 150 kV Glugur Jalan KL. Yos Sudarso Lor. 12 Medan The time of carrying out this research was from February to March 2020. So the conclusion of the analysis of the PMT simultaneity testing that has been carried out using the difference calculation analysis method, it can be stated that the PMT in the power transformer bay 1 is still in good condition but there is still monitoring of equipment. and analysis of calculations in the analysis of PMT simultaneous tests using the calculation of the difference in time (Δt).

Keywords: Simultaneous Power Breakers, Power Transformers

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Analisa Hasil Pengujian Keserempakan Pemutus Tenaga 150kV Bay Trafo Daya 1 Gardu Induk Glugur Terhadap Kinerja Peralatan”** sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Orang tua penulis: Muliana, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Ibu Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik elektroan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Sahabat-sahabat penulis: Nabila Rafika S.Pd., Natasya Anhadani A.Md., Muhammad Lutfhi Fazawi S.T., M Boyke Indrawan., Bily Prandika., Fredy Wandana., Fachrul Fauzi.
9. Teman-teman seperjuangan Elektro A3 Malam Stambuk 2016 yang tidak dapat di sebutkan satu persatu.

Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan, Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia kelistrikan Teknik Elektro.

Medan, 24 September 2022

Muhammad Ilham

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

ANALISA HASIL PENGUJIAN KESEREMPAKAN PEMUTUS TENAGA 150 KV
BAY TRAFODAYA 1 GARDU INDUK GLUGUR TERHADAP KINERJA
PERALATAN

Nama : Muhammad Ilham

NPM : 1607220070

Dosen Pembimbing : Arnawan Hasibuan ST.MT

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	6/7 - 2020	Perbaiki Bab I	OK
	7/8 - 2020	Perbaiki Bab I	OK
	17/08 - 2020	ACC Bab I	OK
	1/9 - 2020	Perbaiki Bab II	OK
	10/9 - 2020	ACC Bab II	OK
	10/10 - 2020	Perbaiki Tabel, daftar Isi	OK
7	19/11 - 2020	Acc Seminar Proposal	OK

Muhammad
Arnawan Hasibuan

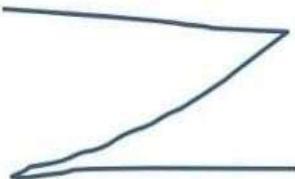
LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

ANALISA HASIL PENGUJIAN KESEREMPAKAN PEMUTUS TENAGA 150
KV BAY TRAFU DAYA 1 GARDU INDUK GLUGUR TERHADAP KINERJA
PERALATAN

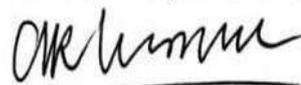
Nama : Muhammad Ilham

NPM : 1607220070

Dosen Pembimbing : Arnawan Hasibuan, S.T., M.T.

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	9 September 2022	Konsultasi Bab 1, rumusan Masalah dan Tujuan Penelitian	<u>OK</u>
2	10 September 2022	Konsultasi Bab 2, Tinjauan Pustaka dan Studi literatur	<u>OK</u>
3	13 September 2022	Konsultasi Bab 3, Metode Penelitian dan Flowchart	<u>OK</u>
4	14 September 2022	Konsultasi Bab 4 dan Bab 5, Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan	<u>OK</u>
5	16 September 2022	ACC Sidang 	<u>OK</u>

Medan, 16 September 2022



Arnawan Hasibuan S.T., M.T., Ph.D.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Ruang Lingkup.....	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tinjauan Pustaka Relevan.....	5
2.2 Gardu Induk (GI).....	6
2.2.1. Jenis-jenis Gardu Induk	7
2.2.2. Gardu Induk Berdasarkan Sistem Isolasinya	7
2.2.3. Gardu Induk Berdasarkan Tegangannya	7
2.2.4. Gardu Induk Berdasarkan Pemasangan Busbar.....	7
2.3. Peralatan-peralatan Gardu Induk.....	10
2.4. Pemutus PMT	13
2.5. Circuit Breaker (CB)	16
2.6. Prinsip Kerja PMT Dengan Media Udara Hembus	20
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1. Desain Penelitian	28
3.1.1. Waktu.....	28
3.1.2. Tempat	28
3.2. Bahan dan Alat	29

3.2.1. Komponen dan Fungsi pemutus tenaga (PMT).....	29
3.3. Bagan Air Penelitian	32
3.4. Prosedur Penelitian	32
3.4. Analisis Data	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengujian Keserempakan PMT	34
4.2 Pengertian dan Tujuan Penelitian.....	36
4.3 Pemeliharaan Pemutus Tenaga.....	37
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Gardu Induk (GI).....	6
Gambar.2.2.Gardu Induk Sistem <i>Ring Busbar</i>	8
Gambar.2.3. Gardu Induk sistem <i>Single Busbar</i>	8
Gambar.2.4. Gardu Induk dengan double Busbar	9
Gambar.2.5. Gardu Induk dengan <i>One Half / Satu Setengah Busbar</i>	10
Gambar.2.6. Bagian interrupter.....	15
Gambar.2.7.Macam-macam Pemutus Tenaga (PMT).....	18
Gambar.2.8.Urutan Prinsip Kerja PMT dengan Media Udara Hembu	21
Gambar.2.9. Laptop	29
Gambar.3.0. Kalkulator.....	29
Gambar.3.1. Insulation Tester merk Megger	29
Gambar.3.2. Micro Ohm Meter merk AG POWER.....	30
Gambar.3.3. CB Analyzer merk Zensol.....	31

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kondisi kehidupan pada zaman modern ini, sangat melekat dengan pemakaian energi listrik (Putra,2018). Kebutuhan akan listrik telah menjadi kebutuhan utama baik di kota maupun di desa, hampir semua peralatan pendukung kehidupan sehari-hari kita membutuhkan energi listrik (Ari Wibowo, 2018).

Dalam usaha penyediaan energi listrik yang di perlukan oleh masyarakat memiliki persyaratan-persyaratan besi yang harus di penuhi penyedia dan pemasok energi listrik, yaitu dapat memenuhi kebutuhan energi listrik dengan kualitas dan kontinuitas yang baik.(Putra, 2018). Selain itu ketersediaan energi listrik harusla handal, bermutu, stabil, terjangkau, layak dan efisien (Atawani, 2018).

Dalam usaha penyediaan energi listrik yang handal dan efisien, serta memiliki kualitas dan kontinuitas yang baik di perlukan peranan penting dari Gardu Induk (GI) untuk mengatur kebutuhan beban tenaga listrik serta sebagai pusat pengaman komponen-komponen sistem tenaga listrik di satu wilayah tertentu.(Atawani, 2018) dapat juga di katakan fungsi dari gardu induk (GI) adalah sebagai pengatur tegangan yang di salurkan dari pembangkit ke pusat-pusat beban (Ariyanto, 2019).

Gardu Induk mempunyai peralatan-peralatan yang mendukung kinerja nya sebagi penyalur tenaga listrik. Untuk tetap menjaga keandalan peralan-peralatan tersebut, perlu ada nya pemeliharaan. Pemeliharaan merupakan salah satu hal terpenting yang harus di perhatikan dalam sistem penyaluran tenaga listrik. Pemeliharaan di lakukan secara berkala bertujuan untuk menjaga peralatan agar tetap andal (Peramono, 2019).

Pada proses penyaluran tenaga listrik sangat memungkinkan akan terjadinya gangguan baik dari segi internal maupun eksternal. Gangguan-gangguan eksternal yang terjadi biasanya selalu di akibatkan dari kondisi alamiah seperti

surja petir atau pun gangguan binatang terbang seperti burung. Sementara gangguan internal biasanya berasal dari peralatan itu sendiri seperti kerusakan bushing, kebocoran minyak, dan lain sebagainya (Atawani 2018).

Seiring dengan perkembangan teknologi, setiap gardu induk di pasang sebuah alat bernama pemutus tenaga (PMT). PMT merupakan sangkar yang berguna untuk menghubungkan dan atau memutuskan arus apa bila terjadi gangguan pada sistem penyaluran tenaga listrik secara otomatis (Ariyanto, 2019)

Gaguan adalah setiap ke tidak normalan pada suatu system penyaluran tenaga listrik yang berakhir dengan pembukaan PMT. Pada system penyaluran tenaga listrik gangguan dapat terjadi dimana saja, sistem proteksi yang baik haruslah dapat mengidentifikasi serta memisahkan bagian yang terganggu dengan bagian lainnya secepat mungkin (Ariwibowo,2018).

Apabila PMT tidak bekerja saat terjadi gangguan maka akan berdambak pada kerusakan peralatan lain, Dapat juga kita katakan pada sistem penyaluran tenaga listrik, sistem proteksinya di bagi dalam bagian-bagian yang di batasi oleh PMT apabila dapat kerusakan pada PMT tentunya dapat menghambat proses penyaluran tenaga listrik pada konsumen yang mengakibatkan kerugian yang sangat besar, Dengan demikian, di harapkan adanya pewatan rutin secara berkala terhadap peralatan listrik (PMT), Agar dapat bekerja lebih lama dengan performa maksimal, sehingga kualitas dan kontinuitas tenaga listrik tetap handal dan efisien. (Ariyanto, 2019)

Pemeliharaan pemutus tenaga di perlukan karna pentingnya peralatan tersebut untuk memutus dan mengalirkan tenaga listrik serta untuk perlindungan peralatan-peralatan lainnya. Terputusnya sistem penyaluran tenaga listrik dan rusaknya peralatan lain dapat terjadi jika PMT gagal beroperasi karna kurangnya pemeliharaan preventif. Pemeliharaan PMT dengan melakukan pengujian terhadap semua komponen yang ada di PMT tersebut, di antaranya adalah melakukan pengujian terhadap tahanan isolasi, tahanan kontak, tahanan pentanahan dan keserempakan kontak PMT (Pramono, 2019)

Pengukuran tahanan isolasi pada PMT adalah untuk mengetahui berapa besar kebocoran arus yang terjadi antara bagian yang bertegangan terhadap tanah.

Pengujian berasal dari peralatan itu sendiri seperti kerusakan bushing, kebocoran minyak, dan lain sebagainya (Atawani 2018).

Seiring dengan perkembangan teknologi, setiap gardu induk di pasang sebuah alat bernama pemutus tenaga (PMT). PMT merupakan sangkar yang berguna untuk menghubungkan dan atau memutuskan arus apa bila terjadi gangguan pada sistem penyaluran tenaga listrik secara otomatis (Ariyanto, 2019)

Gaguan adalah setiap ke tidak normalan pada suatu system penyaluran tenaga listrik yang berakhir dengan pembukaan PMT. Pada system penyaluran tenaga listrik gangguan dapat terjadi dimana saja, sistem proteksi yang baik haruslah dapat mengidentifikasi serta memisahkan bagian yang terganggu dengan bagian lainnya secepat mungkin (Ariwibowo,2018).

Apabila PMT tidak bekerja saat terjadi gangguan maka akan berdambak pada kerusakan peralatan lain, Dapat juga kita katakan pada sistem penyaluran tenaga listrik, sistem proteksinya di bagi dalam bagian-bagian yang di batasi oleh PMT apabila dapat kerusakan pada PMT tentunya dapat menghambat proses penyaluran tenaga listrik pada konsumen yang mengakibatkan kerugian yang sangat besar, Dengan demikian, di harapkan adanya pewartan rutin secara berkala terhadap peralatan listrik (PMT), Agar dapat bekerja lebih lama dengan performa maksimal, sehingga kualitas dan kontinuitas tenaga listrik tetap handal dan efisien (Ariyanto, 2019).

Pemeliharaan pemutus tenaga di perlukan karna pentingnya peralatan tersebut untuk memutus dan mengalirkan tenaga listrik serta untuk perlindungan peralatan-peralatan lainnya. Terputusnya sistem penyaluran tenaga listrik dan rusaknya peralatan lain dapat terjadi jika PMT gagal beroperasi karna kurangnya pemeliharaan preventif. Pemeliharaan PMT dengan melakukan pengujian terhadap semua komponen yang ada di PMT tersebut, di antaranya adalah melakukan pengujian terhadap tahanan isolasi, tahanan kontak, tahanan pentanahan dan keserempakan kontak PMT (Pramono, 2019).

Pengukuran tahanan isolasi pada PMT adalah untuk mengetahui berapa besar kebocoran arus yang terjadi antara bagian yang bertegangan terhadap tanah. Pengujian tahanan kontak dilakukan untuk mengetahui rugi-rugi teknis yang

disebabkan titik-titik sambungan. Pengujian tahanan pertahanan dilakukan untuk mengetahui nilai tahanan terminal terhadap tanah. Pengujian keserempahan PMT bertujuan untuk mengetahui waktu kerja PMT secara individu serta untuk mengetahui keserempahan PMT pada saat menutup atau pun membuka. (Pramono,2019).

Oleh sebab itu, dilakukan penelitian terhadap hasil pengujian keserempakan PMT pada Gardu Induk Glugur untuk melihat kualitas dari PMT, serta membahas metode perhitungan nilai perbandingan hasil pengujian pemeliharaan PMT tersebut.

Pada penelitian terdahulu oleh Irwan Pramono (2019), mahasiswa Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan penelitiannya yang berjudul “Analisis Pengujian Pemutus Tenaga Bay Gondangrejo 2 dalam Pemeliharaan Dua Tahunan di Gardu Induk Palur”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut

1. Bagaimana prosedur/metode pemeliharaan 2 tahunan pemutus tenaga pada gardu induk ?
2. Bagaimana sistem pada pemeliharaan PMT ?
3. Mengapa pemeliharaan ini perlu di laksanakan?.

1.3 Ruang Lingkup

Agar peneliti tugas akhir ini lebih terarah dan tanpa mengurangi maksud juga tujuannya, maka di tetapkan ruang lingkup penelitian sebagai berikut :

4. Membahas mengenai prinsip dan prosedur kerja pengujian keserempakan PMT pada bay trafo daya 2 Gardu Induk Glugur.
5. Membahas mengenai validasi analisis dengan metode perhitungan dari pengamatan terhadap pengujian keserempakan PMT pada bay Trafo daya 2 Gardu Induk Glugur.
6. Membahas mengenai penentuan dan prediksi tingkat kinerja peralatan berdasarkan beberapa pengujian terakhir sesuai dengan standar yang berlaku terhadap PMT pada bay trafo daya 2 Gardu Induk Glgur.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang di ajukan maka tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- 1.4.1 Menganalisis cara kerja pemutus tenaga (PMT) pada gardu induk.
- 1.4.2 Untuk mengetahui hasil dari pelaksanaan pemeliharaan ini
- 1.4.3 Mengetahui prosedur/metode pemeliharaan pemutus tenaga (PMT) padagardu induk

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian skripsi ini yaitu sebagai berikut :

- 1.5.1 Memberikan gambaran informasi mengenai kondisi peralatan dan pedoman pemeliharaan melalui pengamatan dan penguji keserempakan PMT pada bay trafo daya 2 Garduk Induk Glugur.
- 1.5.2 Memberikan informasi mengenai keakuratan dan ketelitian dari pengujian keserempakan PMT.

1.5.3 Memberikan informasi terhadap keandalan peralatan PMT pada bay trafo2 Gardu Induk Glugur melalui proses pengujian keserempakan PMT.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka Relevan

Penelitian ini adalah pengembangan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti di bidang teknik elektro,

Salah satu cara paling ekonomis, mudah dan aman untuk mengirimkan energi listrik adalah melalui bentuk energi listrik. Energi listrik dapat secara kontinyu dikirimkan dari satu tempat ke tempat lain yang jaraknya berjauhan dalam satu sistem tenaga listrik. Sistem tenaga listrik merupakan kumpulan dari komponen-komponen atau alat-alat listrik seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban, yang saling berhubungan dan membentuk suatu sistem yang disebut sistem tenaga listrik. (Syahputra, 2017).

Secara umum, definisi sistem tenaga listrik meliputi sistem pembangkitan, penyaluran (transmisi), dan distribusi. Energi listrik dibangkitkan dari pembangkit, yang kemudian dinaikkan tegangannya dan dialirkan melalui sistem transmisi untuk kemudian sampai di tangan masyarakat dan digunakan untuk kebutuhan sehari-hari. Berdasarkan hal tersebut dapat dilihat bahwa sistem transmisi memegang peranan penting untuk dapat menyalurkan energi listrik ke konsumen. Proses penyaluran energi listrik tersebut sering dijumpai adanya gangguan yang mengakibatkan kerugian, baik dari pihak penyuplai maupun konsumen. Gangguan tersebut bisa berasal dari sisi internal maupun eksternal. Gangguan dari sisi internal bisa terjadi karena kegagalan dari peralatan itu sendiri dan beberapa gangguan eksternal bisa disebabkan oleh petir, pohon tumbang dan badai (Pangestu, 2019).

Salah satu gangguan internal yang sering terjadi adalah suhu panas pada sambungan terminal antar kabel konduktor dengan peralatan yang terdapat pada gardu induk. Suhu (*hot point*) ini berkaitan erat dengan proteksi dan keandalan sistem yang ada di *switchyard* (Anwar, 2019). Sambungan konduktor menghasilkan tahanan sambungan (tahanan kontak). Sambungan yang memiliki tahanan kontak yang lebih besar dari tahanan konduktor akan mengakibatkan

desiyang lebih tinggi pada sambungan tersebut (*hot point*), sehingga semakin besar arus listrik yang mengalir maka semakin tinggi temperaturnya (Putra, 2018).

Metode thermovisi adalah salah satu bentuk pemeliharaan dari peralatan pada gardu induk. Pemeliharaan ini menggunakan thermal imagers yang berprinsip kerja dengan infrared (Atawani,2018).

Visi manusia diperluas dengan menggunakan pencitraan termal ke wilayah IR (Infrared) jauh karena memanfaatkan cahaya yang dipancarkan oleh benda hangat. Foto yang dihasilkan oleh benda hangat harus ditangkap oleh mata malam karena ini mendominasi energi ketika reaksi matahari tidak ada. Selain itu, mata malam harus memiliki spectral dimana perbedaan signifikan, emisivitas suhu dan relativ ada ditempat kejadian (Ray, 2017).

2.2. Gardu Induk (GI)

Gardu Induk (GI) adalah merupakan bagian dari sistem ketenagalistrikan yang berperan untuk menyalurkan daya listrik, baik mentransformasikan ke tegangan yang lebih rendah ataupun ke tegangan yang lebih tinggi, juga menyalurkan daya pada tegangan yang tetap.



Gambar 2.1 Gardu Induk (GI)

(<https://www.warriornux.com>)

2.2.1. Jenis-jenis Gardu Induk

Gardu induk dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, baik dari sisi sistem isolasi, dari sisi tegangan, maupun dari sisi pemasangan busbar.

2.2.2 Gardu Induk berdasarkan Sistem Isolasinya

Berdasarkan sistem isolasinya, gardu induk dibedakan menjadi 2 jenis, antara lain:

1. Sistem Isolasi Gas SF6

Pada jenis gardu induk ini, sistem isolasinya adalah gas SF6 (Sulfur Hexafluoride). GI jenis ini sering juga disebut GIS (*Gas Insulated Switchgear*), dimana bagian yang bertegangan ditempatkan didalam suatu selubung besi yang diisi gas SF6 sebagai isolasinya. Pemasangan GI jenis ini sangat cocok untuk lahan yang minim, karena pada penerapannya GI jenis ini tidak memerlukan lahan yang begitu luas.

2. Sistem Isolasi Udara

Pada gardu induk jenis ini, sistem isolasinya adalah udara, dimana peralatan listrik yang terpasang di GI diisolasi oleh udara antar fasa ataupun antar peralatannya. Pada GI jenis ini diperlukan lahan yang cukup luas, karena tahanan tembus udara yang tidak begitu baik.

2.2.3 Gardu Induk berdasarkan Tegangannya

Berdasarkan klasifikasi tegangannya, gardu induk dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

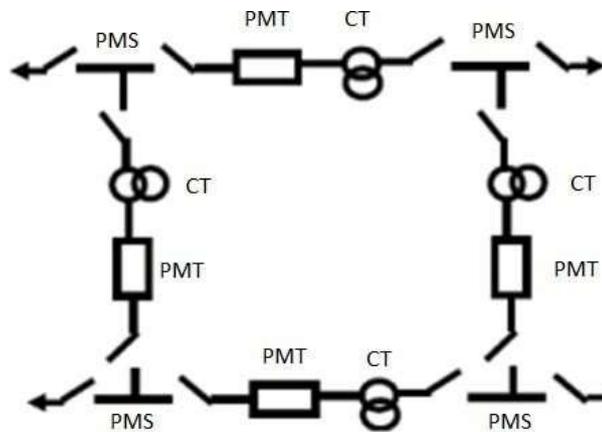
1. GITET (Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi) pada tegangan 275-500 KV
2. GITT (Gardu Induk Tegangan Tinggi) pada tegangan 75-150 KV

2.2.4 Gardu Induk berdasarkan Pemasangan Busbar

Berdasarkan pemasangan sisi busbar, gardu induk dibedakan menjadi beberapa jenis, antara lain sebagai berikut:

1. Gardu Induk sistem *Ring* Busbar

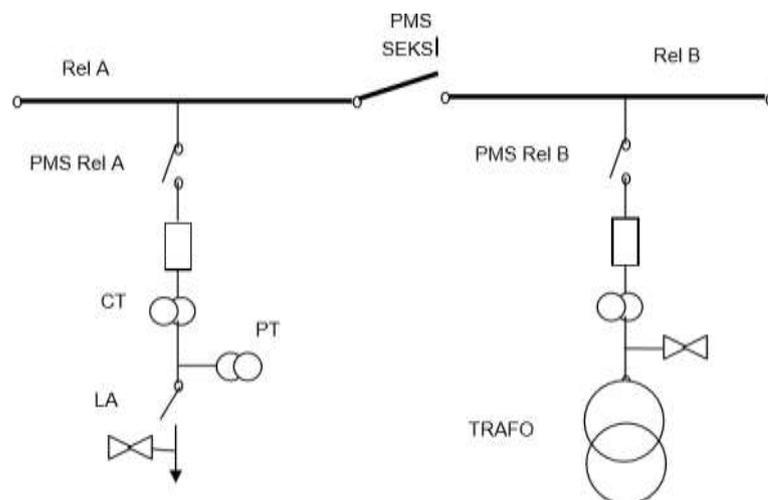
Gardu induk dengan sistem *ring* busbar ini adalah, dimana semua rel/busbar saling terhubung antara satu sama lain



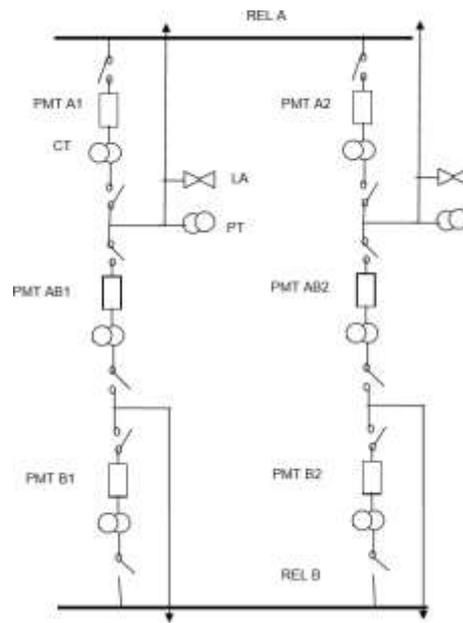
Gambar 2.2 Gardu Induk sistem *Ring* Busbar
(dunia-listrik.blogspot.com)

2. Gardu Induk sistem *Single* Busbar

Gardu induk dengan *single* busbar ini merupakan gardu induk yang hanya memiliki satu rel/busbar saja.



Gambar 2.3 Gardu Induk sistem *Single* Busbar
(<http://dunia-listrik.blogspot.com>)



Gambar 2.5 Gardu Induk dengan *One Half* / Satu Setengah Busbar

(<http://dunia-listrik.blogspot.com>)

2.3 Peralatan-peralatan Gardu Induk

Gardu induk dilengkapi oleh beberapa peralatan listrik yang berguna untuk menunjang peran gardu induk itu sendiri sebagai suatu sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan ataupun mentransformasikan energi listrik. Diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Lightning Arrester

Lightning arrester merupakan suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk melindungi peralatan listrik lain dari surja (baik surja hubung maupun surja petir). Pada saat peristiwa surja, *travelling wave*/gelombang berjalan merambat pada konduktor sistem transmisi dengan kecepatan yang mendekati kecepatan cahaya. Surja dengan panjang gelombang dengan orde mikro detik ini dinilai berbahaya bila nilai tegangan surja yang tiba diperlatan lebih tinggi dari BIL (*Basic Insulation Level*) (level terendah dari isolasi peralatan). Untuk itu LA di pasang untung memotong perjalanan surja tersebut lalu kemudian dibumikan.

2. Trafo Instrumen dan Panel Kontrol

Trafo instrumen merupakan trafo yang sangat kuat kaitannya dengan panel kontrol, dimana trafo instrumen yang juga dikenal sebagai trafo ukur, memiliki peran langsung terhadap pengukuran dan proteksi pada gardu induk yang ditampilkan pada panel kontrol untuk memudahkan operator dalam menjalankan tugasnya baik untuk melihat kondisi beban yang ada maupun untuk melakukan manuver beban.

Trafo instrument yang ada di gardu induk antara lain CT (*Current Transformer*) yang berfungsi untuk pengukuran dan proteksi pada arus yang terdapat di gardu induk. Dan juga PT (*Potensial Transformer*) yang berfungsi untuk pengukuran dan proteksi tegangan pada gardu induk.

3. Transformator Daya

Transformator daya merupakan peralatan paling vital yang terdapat pada gardu induk, karena pada peranannya gardu induk berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dan atau mentransformasikan energi listrik baik ke tegangan yang lebih rendah ataupun ke yang lebih tinggi. Jadi, trafo daya berfungsi untuk mentransformasikan energi listrik kepada tegangan yang lebih rendah ataupun yang lebih tinggi untuk kemudian disalurkan kembali, baik kepada konsumen langsung ataupun ke gardu induk lainnya. Trafo tersebut terdiri atas beberapa jenis, antara lain trafo 1-fasa dan juga 3-fasa. Dimana pada umumnya trafo 1-fasa sering digunakan pada gardu induk tegangan ekstra tinggi, sedangkan trafo 3-fasa sering digunakan pada gardu induk tegangan tinggi.

4. Peralatan Penghubung

Gardu induk merupakan tempat penyaluran energi listrik, baik menyalurkan tegangan ke tegangan yang lebih rendah, lebih tinggi, ataupun pada tegangan yang tetap, maka dari itu gardu induk memerlukan beberapa peralatan penghubung. Peralatan penghubung yang dimaksud adalah rel (busbar), dan pada penerapannya penghubung antara busbar dengan trafo daya dihubungkan oleh *circuit breaker* (CB) dan *disconnecting switch* (DS) pada outputnya. Dimana masing-masing peralatan tersebut memiliki fungsi tersendiri.

Seperti *circuit breaker* atau juga kita kenal sebagai pemutus (PMT) berfungsi untuk memutus aliran daya listrik yang ada pada gardu induk.

Disconnecting switch juga biasa kita kenal sebagai pemisah (PMS) yang berfungsi untuk memisahkan peralatan listrik antar busbarnya ataupun memisahkan peralatan listrik yang bertegangan dengan yang tidak.

Dan rel (busbar) merupakan konduktor yang berperan menghubungkan seluruh peralatan yang terdapat pada *switchyard* di gardu induk.

5. Penumbumian

Pada gardu induk yang umumnya peralatan terpasang di luar ruangan, sangat memungkinkan sekali untuk terkena sambaran petir, atau mungkin terkena dampak arus lebih yang bisa ditimbulkan oleh peralatan yang terdapat pada gardu induk itu sendiri. Gangguan-gangguan tersebut apabila tidak dipotong dan dibumikan maka akan bisa merusak peralatan gardu induk yang lain, atau dengan kata lain gangguan bisa menyebar luas. *Arrester* dan penumbumian ini sebenarnya sangat erat keterkaitannya, dimana *arrester* yang berfungsi untuk memotong surja petir maupun surja hubung kemudian membumikannya. Selain *arrester* sebagai alat penumbumian, terdapat gantri pada gardu induk yang berfungsi untuk menopang *ground steel wire (GSW)* pada gardu induk sebagai penangkal surja petir, dan terdapat pentanahan dengan sistem grid pada gardu induk untuk membumikan surja tersebut.

6. Peralatan Sekunder

Peralatan sekunder juga bisa dikatakan sebagai peralatan pendukung, dimana peralatan-peralatan pendukung ini juga sangat berperan penting dalam operasional gardu induk. Peralatan-peralatan tersebut seperti baterai, pendinginan, penerangan, sumber supply dc, proteksi, dan lain-lain.

7. Bangunan/gedung

Untuk menunjang pelaksanaan operasional gardu induk, gedung diperlukan untuk menunjang fasilitas ruangan, seperti ruang kontrol, ruang panel proteksi, ruang pimpinan dan lain sebagainya. Skala atau kapasitas gedung sendiri menyesuaikan dengan jenis GI yang digunakan.

8. Kawat Penghantar (Konduktor)

Kawat penghantar (konduktor) adalah kawat yang berfungsi untuk menyalurkan tegangan dari satu titik ke titik lainnya. Kawat penghantar yang baik adalah kawat yang nilai resistansinya kecil, sehingga rugi-rugi yang dihasilkan akan kecil pula dan tegangan yang sampai ke beban dapat tersalurkan dengan maksimal.

2.4 Pemutus Tenaga (PMT)

Circuit Breaker (Pemutus tenaga) atau sebagian besar orang lebih sering menyebutnya dengan PMT merupakan peralatan yang sangat penting bagi keandalan penyaluran energi listrik. PMT harus dapat memutus aliran arus beban suatu saluran baik dalam keadaan normal maupun ketika terjadi gangguan. Untuk itu, perlu dilakukan pemeliharaan terhadap PMT baik secara mekanis maupun elektrik. Salah satu pemeliharaan yang penting adalah pada bagian interrupter PMT. Pada bagian ini biasa dilakukan pemeliharaan yaitu pengujian tahanan kontak, pengujian tahanan isolasi dan pengujian keserempakan. Pengujian keserempakan mengukur seberapa cepat kontak PMT untuk open (trip) maupun close dan juga selisih waktu kerja kontak. Ini merupakan salah satu pemeliharaan yang penting dilakukan pada interrupter PMT.

Kerja kontak PMT pada setiap fasanya tidak boleh memiliki perbedaan waktu yang besar. Apabila kontak PMT menutup dengan tidak serempak maka bisa menyebabkan peralatan yang terhubung dengan PMT menjadi rusak akibat adanya lonjakan arus maupun tegangan. Pada laporan kerja praktek ini, penulis akan sedikit membahas mengenai pengujian pada interrupter PMT. Kemudian lebih spesifik lagi akan diambil pokok bahasan mengenai prosedur kerja pengujian keserempakan PMT. Pengujian dilakukan pada PMT 150 kV bay trafo di Gardu Induk

sistem tersebut termasuk salah satunya adalah performa peralatan saluran transmisi. Ada berbagai macam peralatan pada saluran transmisi dan kebanyakan alat-alat ini berada di gardu induk. Peralatan ini dikelompokkan menjadi bay-bay dalam gardu induk. Apabila peralatan-peralatan dalam kondisi yang baik, maka penyaluran energi listrik juga akan baik, sedikit gangguan dan rugi daya juga

kecil. *Circuit Breaker* (Pemutus tenaga) atau sebagian besar orang lebih sering menyebutnya dengan PMT merupakan peralatan yang sangat penting bagi keandalan penyaluran energi listrik. PMT harus dapat memutus aliran arus beban baik dalam kondisi normal maupun ketika terjadi gangguan pada saluran tenaga listrik. Untuk itu, perlu dilakukan pemeliharaan terhadap PMT baik secara mekanis maupun elektris. Salah satu yang penting dilakukan terhadap PMT adalah pengujian keserempakan. Pengujian ini mengukur seberapa cepat kontak

PMT untuk *open (trip)* dan untuk *close*. Kerja kontak PMT tersebut pada setiap fasanya baik *open* maupun *close* tidak boleh memiliki perbedaan waktu yang besar (harus serempak). Apabila kontak PMT menutup dengan tidak serempak maka bisa menyebabkan peralatan yang terhubung dengan PMT menjadi rusak akibat adanya lonjakan arus maupun tegangan. Untuk itu, diperlukan suatu pengetahuan mengenai pengujian keserempakan pada PMT.

Berdasarkan *IEV (International Electrotechnical Vocabulary)* 441-14-20 disebutkan bahwa *Circuit Breaker (CB)* atau Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar /switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal/ gangguan seperti kondisi short circuit / hubung singkat. Berdasarkan jumlah mekanik penggerak, PMT dapat dibedakan menjadi:

PMT *Single Pole* jenis ini mempunyai mekanik penggerak pada masing-masing *pole*, umumnya PMT jenis ini dipasang pada bay penghantar agar PMT bisa *reclose* satu fasa.

PMT *Three Pole* jenis ini mempunyai satu mekanik penggerak untuk tiga fasa, guna menghubungkan fasa satu dengan fasa lainnya di lengkapi dengan kopel mekanik, umumnya PMT jenis ini di pasang pada bay trafo dan bay kopel serta

PMT 20 kV untuk distribusi. Sistem Pemutus (PMT) terdiri dari beberapa sub-sistem yang memiliki beberapa komponen. Penghantar merupakan bagian PMT yang bersifat konduktif dan berfungsi untuk menghantarkan/ mengalirkan arus

listrik. Bagian penghantar pada PMT yang paling penting adalah *interrupter*. *Interrupter* merupakan bagian terjadinya proses membuka atau menutup kontak PMT. Di dalamnya terdapat beberapa jenis kontak yang berkenaan langsung dalam proses penutupan atau pemutusan arus. Berdasarkan *IEV (International Electrotechnical Vocabulary) 441-14-20* disebutkan bahwa *Circuit Breaker*

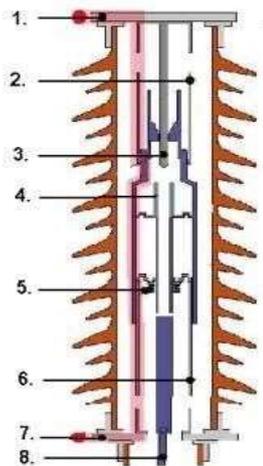
(CB) atau Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar /switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal/

gangguan seperti kondisi short circuit / hubung singkat. Berdasarkan jumlah mekanik penggerak, PMT dapat dibedakan menjadi:

PMT *Single Pole* jenis ini mempunyai mekanik penggerak pada masing-masing *pole*, umumnya PMT jenis ini dipasang pada bay penghantar agar PMT bisa *reclose* satu fasa.

PMT *Three Pole* jenis ini mempunyai satu mekanik penggerak untuk tiga fasa, guna menghubungkan fasa satu dengan fasa lainnya di lengkapi dengan kopel mekanik, umumnya PMT jenis ini di pasang pada bay trafo dan bay kopel serta PMT 20 kV untuk distribusi. Sistem Pemutus (PMT) terdiri dari beberapa sub-sistem yang memiliki beberapa komponen.

Penghantar merupakan bagian PMT yang bersifat konduktif dan berfungsi untuk menghantarkan/ mengalirkan arus listrik. Bagian penghantar pada PMT yang paling penting adalah *interrupter*. *Interrupter* merupakan bagian terjadinya proses membuka atau menutup kontak PMT. Di dalamnya terdapat beberapa jenis kontak yang berkenaan langsung dalam proses penutupan atau pemutusan arus.



Gambar 2.6 Bagian interrupter

(<http://dunia-listrik.blogspot.com>)

- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Terminal utama atas | 2. Konduktor arus atas |
| 3. Kontak diam | 4. Kontak bergerak |
| 5. Konduktor pelepas tekanan | 6. Konduktor arus bawah |
| 7. Terminal utama bawah | 8. Isolator penggerak |

2.5 Sistem Penggerak Pemutus Tenaga

Sistem Penggerak pada PMT berfungsi untuk menggerakkan kontak gerak (*moving contact*) untuk operasi pemutusan atau penutupan PMT. Terdapat beberapa jenis sistem penggerak pada PMT, antara lain Penggerak pegas (*Spring Drive*) yang terdiri dari pegas pilin (*helical spring*) dan pegas gulung (*scroll spring*). Selain itu, ada Penggerak Hidrolik, Penggerak Pneumatik, dan SF6 Gas Dynamic.

Klasifikasi Pemutus Tenaga dapat dibagi atas beberapa jenis, antara lain berdasarkan tegangan rating/nominal, jumlah mekanik penggerak, media isolasi, dan proses pemadaman busur api jenis gas SF6.

Berdasarkan Besar / Kelas Tegangan

PMT dapat dibedakan menjadi :

1. PMT tegangan rendah (Low Voltage)

Dengan range tegangan 0.1 s/d 1 kV (SPLN 1.1995 - 3.3).

2. PMT tegangan menengah (Medium Voltage)

Dengan range tegangan 1 s/d 35 kV (SPLN 1.1995 – 3.4).

3. PMT tegangan tinggi (High Voltage)

Dengan range tegangan 35 s/d 245 kV (SPLN 1.1995 – 3.5).

4. PMT tegangan extra tinggi (Extra High Voltage)

Dengan range tegangan lebih besar dari 245 kVAC (SPLN 1.199 –3.6).

Pemutus Tenaga (PMT) atau Circuit Breaker adalah suatu peralatan pemutus rangkaian listrik pada suatu sistem tenaga listrik, yang mampu untuk membuka dan menutup rangkaian listrik pada semua kondisi, termasuk arus hubung singkat, sesuai dengan ratingnya. Juga pada kondisi tegangan yang normal ataupun tidak normal. Pemutus Tenaga (PMT) merupakan suatu alat listrik yang berfungsi untuk melindungi sistem tenaga listrik apabila terjadi kesalahan atau gangguan pada sistem tersebut, terjadinya kesalahan pada sistem akan menimbulkan berbagai efek seperti efek termis, efek magnetis dan dinamis stability.

Fungsi utamanya adalah sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu membuka atau menutup saat terjadi arus gangguan (hubung singkat) pada jaringan atau peralatann lain.

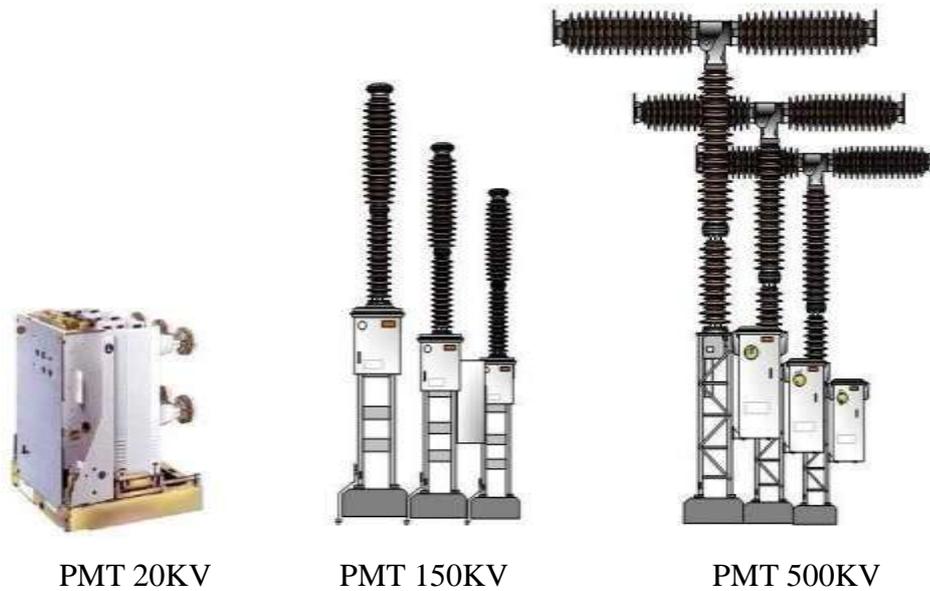
Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh suatu Pemutus Tenaga dalam system tenaga listrik adalah sebagai berikut :

1. Mampu menyalurkan arus maksimum sistem secara terus menerus.
2. Mampu memutuskan dan menutup jaringan dalam keadaan berbeban maupun terhubung singkat tanpa menimbulkan kerusakan pada pemutus tenaga itu sendiri.
3. Dapat memutuskan arus hubung singkat dengan sangat cepat agar

arus hubung singkat tidak sampai merusak peralatan sistem, tidak membuat sistem kehilangan kestabilan, dan tidak merusak pemutus tenaga itu sendiri.

Setiap Pemutus Tenaga dirancang sesuai dengan tugas yang akan dipikulnya, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam rancangan suatu PMT, yaitu :

1. Tegangan efektif tertinggi dan Frekuensi daya jaringan dimana pemutus daya itu akan dipasang. Nilainya tergantung pada jenis pentanahan titik netral sistem.
2. Arus maksimum continue yang akan dialirkan melalui pemutus daya. Nilai arus ini tergantung pada arus maksimum sumber daya atau arus nominal beban dimana pemutus daya tersebut terpasang.
3. Arus hubung singkat maksimum yang akan diputuskan pemutus daya tersebut.
4. Lamanya maksimum arus hubung singkat yang boleh berlangsung. hal ini berhubungan dengan waktu pembukaan kontak yang dibutuhkan.
5. Jarak bebas antara bagian yang bertegangan tinggi dengan objek lain disekitarnya.
6. Jarak rambat arus bocor pada isolatornya.
7. Kekuatan dielektrik media isolator sela kontak.



Gambar 2.7 Macam-macam Pemutus Tenaga (PMT)

(dunia-listrik.blogspot.com)

- Fungsi Bagian Utama PMT

Ruangan pemutus tenaga ini berfungsi sebagai ruangan pemadam busur api, yang terdiri dari :

- a. Unit pemutus utama yang berfungsi sebagai pemutus utama

Unit pemutus utama ini berupa ruangan yang diselubungi bagian luar isolator dari porselen dan disebelah dalamnya terdapat ruangan udara, kontak- kontak bergerak yang dilengkapi oleh pegas penekan dan kontak tetap sebagai penghubung yang terletak melekat pada isolator porselen.

- b. Unit pemutus pembantu yang berfungsi sebagai pemutus arus yang melalui tahanan. Unit pemutus pembantu ini berupa ruangan yang diselubungi bagian luar oleh isolator dari porselen dan disebelah dalamnya terdapat ruangan udara,

kontak-kontak bergerak yang dilengkapi oleh pegas penekan dan kontak tetap sebagai penghubung yang terletak melekat pada porselen.

- c. Katup kelambatan

Berfungsi sebagai pengatur udara bertekanan dari pemutus utama ke unit pemutus pembantu, sehingga kontak pada unit pemutus pembantu akan terbuka kurang dari 25 ms (micro detik) setelah kontak-kontak pada pemutus utama terbuka. Katup kelambatan ini berupa bejana berbentuk silinder yang berongga sebagai ruang udara dan juga terdapat ruang pengatur, katup penahan, katup pengatur, rumah perapat, dan tempat katup.

d. Tahanan.

Tahanan ini dipasang paralel dengan unit pemutus utama, yang berfungsi untuk :

- a. mengurangi kenaikan harga dari tegangan pukul
- b. mengurangi arus pukulan pada waktu pemutusan

e. Kapasitor

Kapasitor ini dipasang paralel dengan tahanan, unit pemutus utama dan unit pemutus pembantu, yang berfungsi untuk mendapatkan pembagian tegangan yang sama pada setiap celah kontak, sehingga kapasitas pemutusan pada setiap celah sama besarnya.

- Prinsip Kerja PMT

Prinsip Kerja PMT dengan banyak menggunakan Minyak : Untuk proses membuka dan menutup dari PMT ini adalah dengan menggerakkan batang penggerak (*Tension Rod*), turun untuk membuka kontak-kontak dan naik untuk menutup kontak-kontak. Batang penggerak digerakkan oleh mekanisme penggerak digerakkan oleh mekanisme penggerak (*Operating Mekanisme*).

Prinsip Kerja PMT dengan sedikit menggunakan Minyak : Untuk membuka dan menutup PMT adalah dengan menaikkan dan menurunkan posisi dari kontak bergerak (*Moving Contact*) yang terhubung pada batang penggerak (*Operating Rod*) yang digerakkan oleh mekanisme penggerak (*Operating Mechanism*).

- Pada Proses Penutupan :

Batang kontak penggerak (*Moving Contact Rod*) yang berhubungan dengan kontak bawah (*Lower Fixed Contact*) bergerak ke arah kontak tetap atas (*Upper Fixed Contact*) sehingga kontak tetap dan kontak bergerak akan terhubung yang merupakan arus dari terminal atas (*Upper Terminal*) ke terminal bawah (*Lower Terminal*).

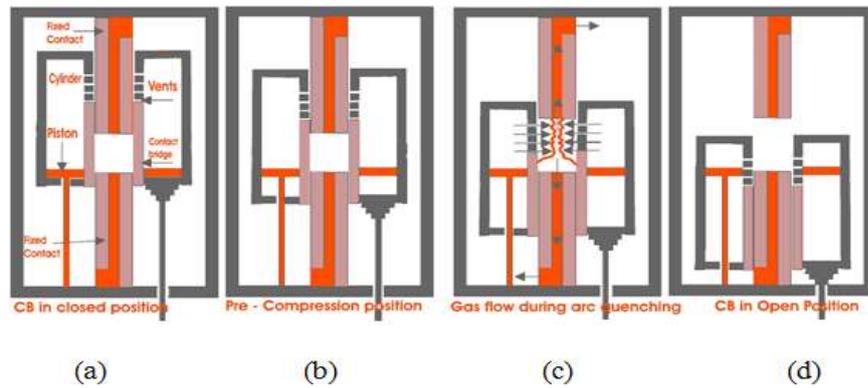
Pada Proses Pembukaan

Batang kontak bergerak yang terhubung dengan kontak tetap bawah, meninggalkan kontak tetap atas, sehingga kontak tetap dan kontak bergerak akan terlepas yang merupakan terputusnya terminal atas dengan terminal bawah.

2.6 Jenis Isolasi Pemutus Tenaga

1. PMT dengan media pemutus gas SF₆

Media gas yang digunakan pada tipe PMT ini adalah Gas SF₆ (Sulphur Hexafluoride). Sifat-sifat gas SF₆ murni ialah tidak berwarna, tidak berbau, tidak beracun dan tidak mudah terbakar. Pada temperatur diatas 150°C gas SF₆ mempunyai sifat tidak merusak metal, plastik dan bermacam-macam bahan yang umumnya digunakan dalam pemutus tenaga tegangan tinggi. Sebagai isolasi listrik, gas SF₆ mempunyai kekuatan dielektrik yang tinggi (2,35 kali udara) dan kekuatan dielektrik ini bertambah dengan pertambahan tekanan. Sifat lain dari gas SF₆ ialah mampu mengembalikan kekuatan dielektrik dengan cepat, tidak terjadi karbon selama terjadi busur, tidak mudah terbakar (thermal conductivit) yang baik, tidak menimbulkan bunyi berisik.

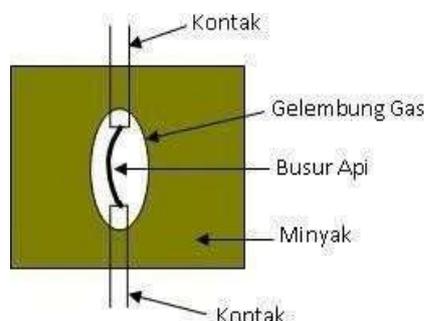


Gambar: 2.8 Prinsip kerja pemadaman PMT
SF6(dunia-listrik.blogspot.com)

Pada gambar 2 memperlihatkan prinsip kerja PMT SF6 secara umum. Sebelum terjadi gangguan atau dalam kondisi normal, PMT dalam keadaan tertutup, kontak tetap dan kontak bergerak masih terhubung.

2. PMT dengan media pemutus minyak

Menggunakan minyak isolasi sebagai media pemadam busur api yang timbul pada saat PMT bekerja membuka atau menutup. Minyak yang berada diantara kontak sangat efektif memutuskan arus. Kelemahannya adalah minyak mudah terbakar dan kekentalan minyak memperlambat pemisahan kontak, sehingga tidak cocok untuk sistem yang membutuhkan pemutusan arus yang cepat. Gambar 3 memperlihatkan busur api yang timbul akibat pemutusan kontak-kontak pada PMT, busur api tersebut akan dipadamkan oleh media isolasi minyak yang menyelubunginya.



Gambar: 3 Cara Kerja PMT Minyak
(wordpress.com)

Jenis PMT dengan minyak ini dibedakan menjadi :

- PMT menggunakan banyak minyak (bulk oil)
- PMT menggunakan sedikit minyak (small oil)

PMT jenis ini digunakan mulai dari tegangan menengah 6 kV sampai tegangan ekstra tinggi 425 kV dengan arus nominal 400A sampai 1250A dengan arus pemutusan simetris 12 kA sampai 50 kA

3. PMT dengan media pemutus udara tekan (air blast circuit breaker)

PMT ini menggunakan udara sebagai pemutus busur api dengan menghembuskan udara ke ruang pemutus. PMT ini disebut PMT Udara Hembus (Air Blast Circuit Breaker). Pada PMT udara hembus juga disebut compressed air circuit breaker, udara tekanan tinggi dihembuskan ke busur api melalui nozzle. Setelah pemadaman busur api dengan udara tekanan tinggi, udara ini juga berfungsi mencegah restriking voltage (tegangan pukul). Kontak PMT ditempatkan di dalam isolator dan juga katup hembusan udara.

4. PMT dengan media pemutus hampa udara (vacuum)

Kontak-kontak pemutus dari PMT ini terdiri dari kontak tetap dan kontak bergerak yang ditempatkan dalam ruang hampa udara. Ruang hampa udara ini mempunyai kekuatan dielektrik (dielektrik strength) yang tinggi dan sebagai media pemadam busur api yang baik. PMT jenis vacuum kebanyakan digunakan untuk tegangan menengah dan hingga saat ini masih dalam pengembangan sampai tegangan 36 kV.

2.7 Mekanisme Kerja Pemutus Tenaga (PMT)

Pemutus tenaga mempunyai dua posisi kerja, membuka dan menutup. Selama operasi penutupan, kontak-kontak penutup menutup melawan gaya-gaya saling berlawanan. Selama operasi pembukaan, kontak-kontak tertutup terpisah sedini mungkin.

Mekanisme kerja pemutus tenaga harus melakukan gaya-gaya yang besar pada kecepatan yang tinggi. Waktu operasi antara saat penerimaan sinyal trip dan akhir pemisahan kontak dalam orde 0,03 detik (1,5 cycle) dalam pemutus tegangan tinggi. Pada pemutus lambat yang digunakan dalam

sistem distribusi, waktu ini sekitar 3 siklus. Ketika menutup, penutupan kontak harus cepat dengan tekanan kontak yang tepat pada akhir perjalanan kontak. Jika kondisi ini tidak terpenuhi, pengelasan kontak dapat terjadi. Mekanisme harus mampu memberikan tugas khusus pemutus tenaga, kerja pembukaan dan penutupan.

1. Pembukaan Jaringan

PMT dioperasikan (dilepas) lebih dahulu, baru kemudian pemisah-pemisahnya. Sebelum pemisah dikeluarkan/dioperasikan harus diperiksa apakah PMT sudah terbuka sempurna, apakah amper meter menunjukkan nol.

Urutan pembukaan jaringan :

- a. PMT dibuka
- b. PMS busbar dibuka
- c. PMS line dibuka
- d. PMS tanah ditutup

Dalam operasi pembukaan, energi yang diperlukan untuk pembukaan dapat diperoleh dari salah satu metode tersebut :

1. Pegas yang terbuka
2. Minyak hidrolik tekanan tinggi yang tersimpan dalam akumulator.
3. Udara kompresif tekanan tinggi yang dalam penerima udara.

2. Penutupan Jaringan

PMT dioperasikan setelah pemisah-pemisahnya dimasukkan. Setelah PMT dimasukkan/dihubungkan diperiksa apakah terjadi kebocoran isolasi pada PMT. Urutan penutupan jaringan :

- a. PMS tanah dibuka
- b. PMS busbar ditutup
- c. PMS line ditutup
- d. PMT ditutup

Secara normal, penutupan kontak-kontak pemutus tenaga dalam kondisi

normal tidak menimbulkan persoalan. Mekanisme kerja harus mampu mengatasi gesekan dan mempercepat kontak gerak. Tetapi ketika pemutus tenaga menutup pada kondisi hubung singkat gaya elektromagnetik akan terlibat. Kapasitas penutupan pemutus tenaga tergantung atas gaya dan kecepatan pada waktu operasi penutupan dilakukan.

BAB III

METODOLOGI

3.1. Waktu Dan Tempat Penelitian

3.1.1. Waktu

Waktu pelaksanaan ini dilakukan dalam waktu 3 bulan. Dimulai dengan persetujuan proposal ini sampai selesai penelitian. Penelitian ini diawali dengan kajian awal (Tinjauan Pustaka), Pengumpulan data, survei tempat lokasi untuk ilustrasi dengan prototype pembuat analisa, dan terakhir kesimpulan dan saran.

3.1.2. Tempat

Dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan tugas akhir ini dilakukan dengan pengambilan data langsung di PT. PLN (Persero) UPT Medan Gardu Induk 150 kV Glugur Jalan KL. Yos Sudarso Lor. 12 Medan. Kota Medan, Sumatra Utara.

No	Uraian	Bulan Ke					
		1	2	3	4	5	6
1	Kajian literatur						
2	Penyusunan proposal penelitian						
3	Penulisan Bab 1 sampai Bab 3						
4	Seminar Proposal						
5	Penelitian dan pengambilan data						
6	Pembelian alat						
7	Analisa data						
8	Seminar hasil						
9	Sidang akhir						

3.2 Bahan dan Alat

Komponen, Bahan dan Alat serta yang digunakan untuk menganalisis dan mengolah data Pemutus (PMT) dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Komponen dan Fungsi Pemutus Tenaga (PMT)

1. Primer

Merupakan bagian PMT yang bersifat konduktif dan berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dengan nilai losses yang rendah dan mampu menghubungkan/memutuskan arus beban saat kondisi normal/tidak normal.

2. Dielektrik

Berfungsi sebagai isolasi peralatan dan memadamkan busur api dengan sempurna pada saat moving contact bekerja.

3. Mekanisme Penggerak

Berfungsi menyimpan energi untuk dapat menggerakkan kontak gerak PMT dalam waktu tertentu sesuai dengan spesifikasinya.

4. SF6 Gas Dynamic

PMT jenis ini media memanfaatkan tekanan gas SF6 yang berfungsi ganda selain sebagai pemadam tekanan gas juga dimanfaatkan sebagai media penggerak.

5. Sekunder

Subsistem secondary berfungsi mengirim sinyal kontrol untuk mengaktifkan subsistem mekanik pada waktu yang tepat.

3.2.2 Bahan Dan Alat

- Laptop acer

Sebagai alat untuk membuat laporan skripsi, menrangkum data-data observasi.



Gambar 2.9 Laptop acer

- Kalkulator
Kalkulator untuk menghitung hasil data, sehingga menghasilkan data yang akurat (pasti).



Gambar 3.0 Kalkulator

- Insulation Tester merk Megger Tipe MIT1025
Insulation Tester adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur atau menguji tahanan isolasi pada PMT. Prinsip kerjanya yaitu memberikan tegangan dari alat ukur ke isolasi peralatan yaitu sebesar 5 kV, lalu diukur nilai arus bocornya. Gambar 1 Insulation Tester merk Megger, Tipe MIT1025



Gambar 3.1 Insulation Tester merk Megger, Tipe MIT1025

- MicroOhmMeter merk AG POWER
MicroOhmMeter adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur tahanan kontak pemutus tenaga (PMT). Prinsip kerjanya sama seperti alat ukur tahanan murni (Rdc), singkatnya yakni pada kontak yang menutup atau sambungan dialiri arus listrik dc yakni sebesar 100 Ampere, kemudian diukur berapa dari hasil tegangan yang diperoleh maka akan didapat nilai tahanan kontak dengan rumus $R = V / I$.



Gambar 3.2 MicroOhmMeter merk AG POWER

- CB Analyzer merk Zensol
CB Analyzer adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur keserempakan pemutustenaga (PMT). Prinsip kerjanya secara mendasar adalah ketika pole 1, pole 2 dan

pole 3 close diujung kabel masing-masing terdapat tegangan yang nantinya jadi trigger kondisi pole tersebut sudah tertutup atau tidak.



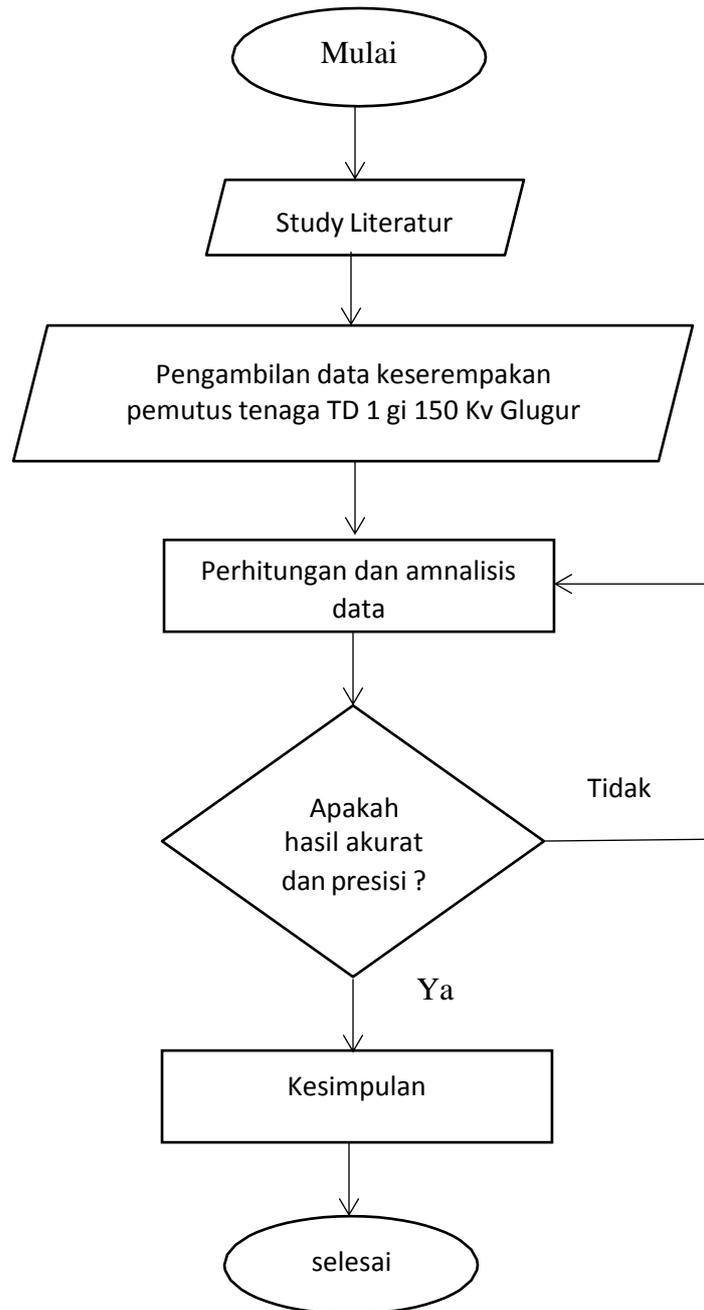
Gambar 3.3 CB Analyzer merk Zensol

1. Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan penelitian dan penulisan tugas akhir ini adalah:

- Microsoft Word
- Microsoft Excel
- Microsoft Power Point

3.3 Bagan Alir Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Keserempakan PMT

Pengujian keserempakan pemutus tenaga (PMT) bertujuan untuk mengetahui waktu kerja PMT secara individu serta untuk mengetahui keserempakan PMT pada saat menutup dan atau membuka. Pemutus tenaga bay trafo daya 1 menggunakan type single pole, ini bertujuan apa bila terjadi gangguan salah satu fasa ke tanah PMT dapat trip satu fasa dan kemudian dapat *reclose* satu fasa. Apa bila terjadi gangguan antar fasa atau pun 3 fasa maka PMT harus trip 3 fasa secara serentak. Jika PMT tidak trip secara serentak maka akan mengakibatkan terjadinya gangguan pada sistem yang terdapat di GI.

Penelitian pada penulisan ini menggunakan data hasil pemeliharaan pengujian keserempakan pemutus tenaga (PMT) bay trafo daya 1 dalam beberapa priode pemeliharaan (2016 dan 2018). Berikut adalah merupakan data hasil pengujian keserempakan PMT tersebut.

Tahun	Pengukuran	R (ms)	S (ms)	T (ms)
2016	Open	28,3	28,2	28,4
	Close	123,4	122	122,1
2018	Open	24,8	23,6	24,1
	Close	127,8	128,1	127,5

Berdasarkan standar SPLN No 52-1 1982 untuk system 70 KV = 150 milli detik dan SPLN No 52-1 1984 untuk system 150 kV = 120 milli detik, dan grid code jawa bali untuk sistem 500 kV= 90 milli detik, dan selisih waktu yang di ijjinkan adalah 10 detik <10 milli detik.

$$\Delta t = t_{\text{maks}} - t_{\text{min}}$$

Dengan:

Δt = Selisih waktu

t_{maks} = waktu tertinggi

t_{min} = waktu terendah

Berikut adalah hasil perhitungan keserempakan kontak PMT.

Tahun 2016

$$\Delta t_{\text{open}} = 28,4 \text{ ms} - 28,2 \text{ ms} = 0,1 \text{ ms}$$

$$\Delta t_{\text{close}} = 123,4 \text{ ms} - 122 \text{ ms} = 1,4 \text{ ms}$$

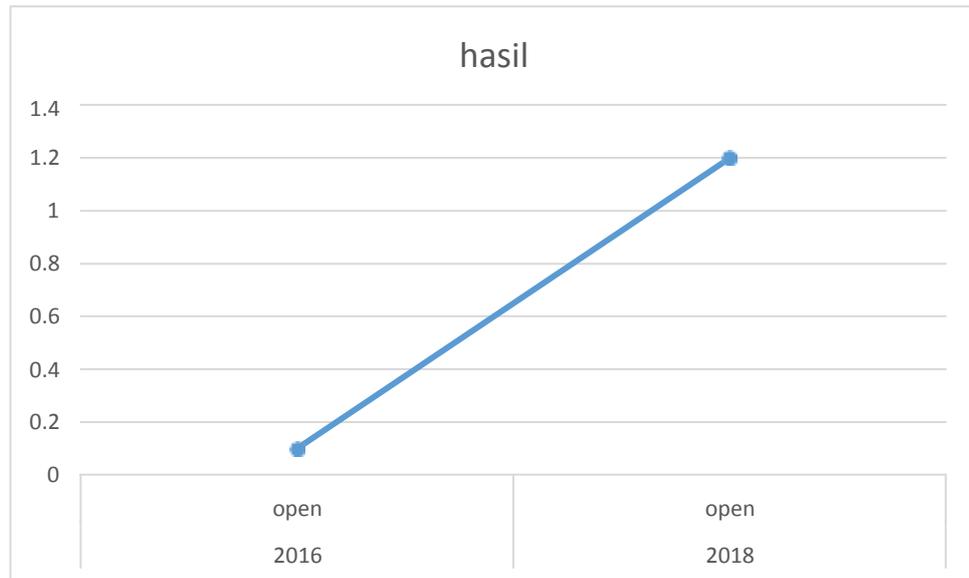
Tahun 2018

$$\Delta t_{\text{open}} = 24,8 \text{ ms} - 23,6 \text{ ms} = 1,2 \text{ ms}$$

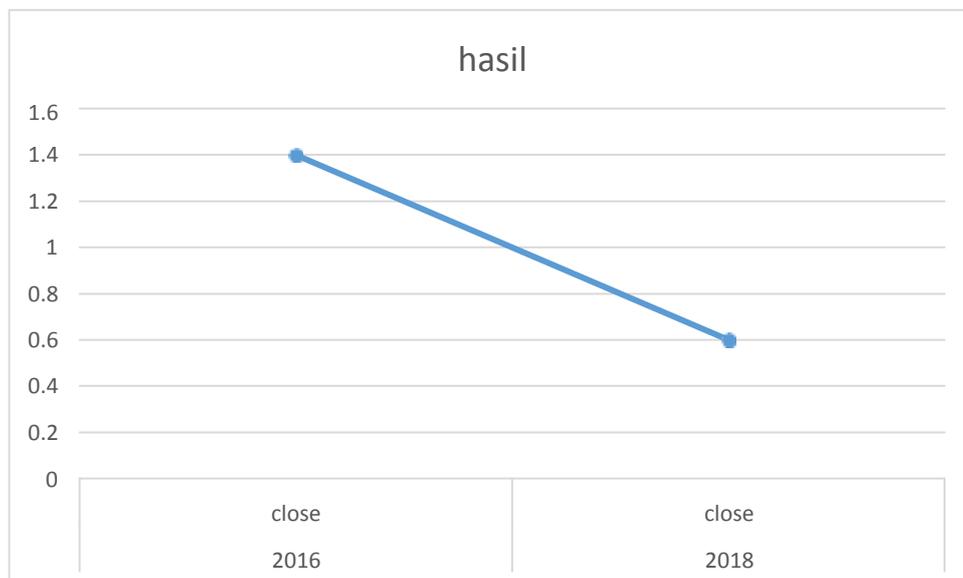
$$\Delta t_{\text{close}} = 128,1 \text{ ms} - 127,5 \text{ ms} = 0,6 \text{ ms}$$

Dari tabel di atas dapat di lihat bahwa waktu kerja kontak PMT secara individu dalam beberapa periode pemeliharaan tidak sesuai dengan standar yang berlaku (120 milli detik) pada posisi close. Namun selisi waktu yang di dapat yaitu <10 milih detik (memenuhi standar).hal tersebut tentunya menjadi perhatian terhadap waktu kinerja PMT yang di mana harus di lakukan perbaikan dan atau pengjian ulang perbaikan terhadap PMT dapat di lakukan dengan melakukan beberapa pemeriksaan antara lain seperti pemeriksaan tegangan kerja, pemeriksaan koil, pemeriksaan *auxillry contact* kontaktor, penggantian park mekanik yang rusak, pemeriksaan roda penggerak dan perbaikan roda penggerak.

Waktu kerja PMT dan perbedaan selisih waktu yang terlalu lama pada peroses uji open/clous PMT akan mengakibatkan ada nya lonjakan arus maupun tegangan pada salah satu fasa lain yang akan menimbulkan kerusakan pada peralatan lain dengan PMT tersebut.



Hasil selisih *open*



Hasil selisih *close*

Dapat di lihat pada grafik di atas yang menggambarkan bawasan nya perbedaan selisih waktu pada PMT tersebut memenuhi standar yang berlaku, dengan kata lain dapat di tarik kesimpulan bahwa PMT bay trafo daya 1 dalam kondisi yang baik. Tidak terdapat penurunan kualitas atau hasil pengujian peralatan yang terlalu signifikan, di mana hasil pengujian tersebut merupakan

gambaran tentang kesiapan dan kehandalan peralatan. Namun demikian, pemeliharaan secara berkala dengan melakukan pengujian keserempakan PMT sangat diperlukan agar PMT dapat bekerja secara serempak dan dalam waktu yang cepat sehingga dapat meminimalisir kerusakan peralatan yang disebabkan oleh tidak serempaknya PMT saat menutup (close) maupun membuka (open). Dan juga pemeliharaan secara berkala berfungsi untuk menjaga kualitas dan kontinewitas penyaluran tenaga listrik tetap efisien dan handal.

4.2. Pengertian Dan Tujuan Pemeliharaan

Pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi adalah serangkaian tindakan atau proses kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan meyakinkan bahwa peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga dapat dicegah terjadinya gangguan yang menyebabkan kerusakan. Tujuan pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi adalah untuk menjamin kontinuyunitas penyaluran tenaga listrik dan menjamin keandalan, antara lain :

- a). Untuk meningkatkan reliability, availability dan efficiency.
- b). Untuk memperpanjang umur peralatan.
- c). Mengurangi resiko terjadinya kegagalan atau kerusakan peralatan. \
- d). Meningkatkan Safety peralatan.
- e). Mengurangi lama waktu padam akibat sering gangguan.

Faktor yang paling dominan dalam pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi adalah pada sistem isolasi. Isolasi disini meliputi isolasi minyak, udara dan gas atau vacum. Suatu peralatan akan sangat mahal bila isolasinya sangat bagus, dari isolasi inilah dapat ditentukan sebagai dasar pengoperasian peralatan. Dengan demikian isolasi merupakan bagian yang terpenting dan sangat menentukan umur

dari peralatan. Untuk itu kita harus memperhatikan / memelihara sistem isolasi sebaik mungkin, baik terhadap isolasinya maupun penyebab kerusakan isolasi.

Dalam pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi kita membedakan antara pemeriksaan / monitoring (melihat, mencatat, meraba serta mendengar) dalam keadaan operasi dan memelihara (kalibrasi / pengujian, koreksi / resetting serta memperbaiki / membersihkan) dalam keadaan padam. Pemeriksaan atau monitoring dapat dilaksanakan oleh operator atau petugas patroli setiap hari dengan sistem check list atau catatan saja. Sedangkan pemeliharaan harus dilaksanakan oleh regu pemeliharaan.

4.3. Pemeliharaan Pemutus Tenaga

Pemeliharaan Pemutus Tenaga yang berupa monitoring dan dilakukan oleh petugas operator setiap hari untuk Gardu Induk yang dijaga atau setiap Triwulanan oleh petugas patroli pada Gardu Induk yang tidak dijaga dan dilaksanakan dalam keadaan operasi.

No.	PERALATAN / KOMPONEN YANG DIPERIKSA				
	PMT dengan Banyak Menggunakan Minyak (BULK OIL C.B)	PMT dengan Sedikit Menggunakan Minyak (SMALL OIL C.B)	PMT dengan Media Udara Hembus (A.B.B)	PMT dengan Media Gas SF 6 (SF 6 C.B)	
1.	Bushing	Isolator	Isolator	Isolator	Periksa debu pada bushing atau Isolator

Pemeliharaan Pemutus Tenaga yang berupa monitoring dan dilakukan oleh petugas operator setiap hari untuk Gardu Induk yang dijaga atau setiap Semester oleh petugas patroli pada Gardu Induk yang tidak dijaga dan dilaksanakan dalam keadaan operas

BAB V

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan pada tugas akhir ini terfokus pada pengujian keserempakan PMT yang di lakukan pada bay trafo daya gardu induk 150kV glugur. Dari penelitian tersebut dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut

1. Analisis pengujian keserempakan PMT yang telah di lakukan dengan metode analisa perhitungan selisih, dapat di nyatakan bahwa PMT pada bay trafo daya 1 glugur masi dalam kondisi baik namun tetap adanya pemantauan peralata.
2. Analisa perhitungan pada analisis pengujian keserempakan PMT ini menggunakan perhitungan selisih waktu (Δt).
3. Analisa ini di tujukan untuk 2 tahunan pengujian data pada pemeliharaan peralatan.

5.2. Saram

Setelah di lakukan penelitian dan analisa perhitungan pada bay trafo daya 1 glugur, adapun saran dari pemulis adalah sebagai berikut;

1. Melakukan pengujian keserempakan dan menganalisanya secara baik dan benar agar hasil yang di dapat bisa di pertanggung jawabkan.
2. Melakukan pengujian yang teliti sehingga dapat hasil yang maksimal.
3. Untuk jajaran para pegawai PT. PLN (Persero) agar dalam melakukan kegiatan thermovisi dapat menggunakan alat pelindung diri yang sesuai SOP (*Standard Operational Procedure*).

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, A. 1994. Teknik Tegangan Tinggi. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- Hutahuruk, T.S. 1985. Transmisi Daya Listrik. Jakarta: Erlangga.
- Tobing, Bonggas L. 2003. Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Aslimeri, dkk. “Teknik Transmisi Tenaga Listrik”, Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
- <http://arrester.wordpress.com/2011/06/03/klasifikasi-pmt-dayacircuit-breaker/>
- <http://www.scribd.com/doc/87291415/15/Jenis-Isolasi-Pemutus-Tenaga/>