

**ANALISA KINERJA PMCB
PADA PENYULANG PYRAMID DI DISTRIBUSI 20kV**



**JEFRI YAN PUTRA SIPAHUTAR
NIM: 41416310018**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MERCUBUANA**

BEKASI 2018

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISA KINERJA PMCB PADA PENYULANG PYRAMID DI DISTRIBUSI 20kV



UNIVERSITAS
Disusun Oleh :
MERCU BUANA

Nama	: Jefri Yan Putra Sipahutar
NIM	: 41416310018
Program Studi	: Teknik Elektro

**DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
TAHUN 2018**

ABSTRAK

Listrik merupakan salah satu sumber energi yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Semakin meningkatnya kebutuhan listrik terhadap konsumen, menjadikan Perusahaan Listrik Negara harus menyediakan kebutuhan yang diperlukan oleh konsumen listrik di Indonesia. Keandalan sistem proteksi menjadi elemen yang penting untuk mengatasi hal tersebut. Dalam Proyek Akhir ini membahas tentang kelayakan dan kinerja PMCB (Pole Mounted Circuit Breaker) sebagai peralatan proteksi yang merupakan alat inovasi dari PLN yang digunakan untuk proteksi jaringan tegangan menengah.

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan membandingkan data dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap PMCB lalu membandingkan dengan standard IEC 62271-1, serta data trend gangguan setelah PMCB terpasang di Penyulang Pyramid. Data pengujian diperoleh dari hasil pengujian yang dilakukan di PLN Puslitbang dan PLN Pusharlis, sedangkan data trend gangguan diperoleh dari laporan PLN Area Depok.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan PMCB telah memenuhi standard IEC 62271-1. Dengan bentuk gelombang impuls pada waktu muka polaritas positif = 0,985 μ s, polaritas negatif = 0,945 μ s, sedangkan waktu ekor polaritas positif 46,54 μ s, polaritas negatif 46,66 μ s, dan over-shoot masing-masing polaritas < 5%. Pengujian tegangan impuls petir jumlah yang tembus pada polaritas positif dan negatif masing-masing 0. Kenaikan pada sambungan kenaikan rata-rata suhu 19,98 K, pada terminal untuk koneksi ke konduktor eksternal kenaikan rata-rata suhu 29,4 K, pada casing PMCB kenaikan rata-rata suhu 5,95 K, dan Isolasi atau bagian logam yang terhubung dengan isolasi kenaikan suhu 4.2 K. Pada operasi fasa trip PMCB akan memutus 1.2 – 3.7 kali lebih cepat dibanding nilai refrensei sesuai dengan arus gangguan yang terjadi. Sedangkan pada ground trip PMCB akan memutus 2 – 9 kali lebih cepat dari nilai refrensi. PMCB juga efektif dalam menurunkan SAIDI SAIFI pada penyulang pyramid sebesar $\pm 5\%$.

Kata Kunci : PMCB, IEC6 2271-1, SAIDI SAIFI.

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Jefri Yan Putra Sipahutar

N.I.M : 41416310018

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : Analisa Kinerja PMCB Pada Penyulang Pyramid Di Distribusi 20kv

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keahliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana. Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan.

Jakarta, 21 Agustus 2018



UNIVERSITAS
MERCU BUANA
Jefri Yan Putra Sipahutar

LEMBAR PENGESAHAN**ANALISA KINERJA PMCB
PADA PENYULANG PYRAMID DI DISTRIBUSI 20kV**

Disusun Oleh :

Nama : Jefri Yan Putra Sipahutar
NIM : 4141631018
Program Studi : Teknik Elektro

UNIVERSITAS Mengetahui,

MERCU BUANA

Dosen Pembimbing

Koordinator Tugas Akhir

Oki Teguh Karya, S.Pd, MT

Henri, ST, MT

PENGHARGAAN

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Analisa Kinerja PMCB Pada Penyulang Pyramid Di Distribusi 20 kV”**. Tugas Akhir ini disusun dan diajukan dalam rangka memenuhi syarat guna memperoleh Sarjana Strata Satu (S1), Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir, penulis banyak mendapatkan ilmu pengetahuan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Arisetyanto Nugroho, MM. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Danto Sukmajati, M.Sc, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Chandra Soekardi, DEA. selaku Direktur Operasional Kampus D Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Dr. Setiyo Budiyo, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana dan Dosen Pembimbing.
5. Bapak Oki Teguh Karya, S.Pd., MT. selaku Dosen Pembimbing.
6. Kedua orang tua dan keluarga tercinta, yang selalu mencurahkan kasih sayang, doa yang tiada henti, serta motivasi dan nasihat yang membuat penulis tetap bersemangat.
7. Rekan-rekan PLN Pusharlis , PLN Puslitbang, dan PLN Distribusi Area Depok yang membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Rekan kuliah yang banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

DAFTAR ISI

		Halaman
LEMBAR PERNYATAAN		i
LEMBAR PENGESAHAN		ii
PENGHARGAAN		iii
ABSTRAK		iv
DAFTAR ISI		v
DAFTAR GAMBAR		vii
DAFTAR TABEL		ix
BAB I	PENDAHULUAN	1
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Rumusan Masalah	2
1.3	Tujuan Penelitian	3
1.4	Batasan Masalah	3
1.5	Metodologi Penelitian	3
1.6	Sistematika Penulisan	4
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1	Umum	5
2.2	Sistem Jaringan Tegangan Menengah	6
	2.2.1 Bentuk Saluran Distribusi Berdasarkan Konstruksi Konduktornya	6
	2.2.2 Bentuk Saluran Distribusi Berdasarkan Tempat Peletakannya	7
	2.2.3 Bentuk Saluran Distribusi Berdasarkan Susunan Peletakannya	9
	2.2.4 Bentuk Saluran Distribusi Berdasarkan Susunan Rangkaianannya	10
2.3	Gangguan Pada Distribusi Tenaga Listrik	14
2.4	Rele Arus Lebih	17
2.5	PMCB (Pole Mounted Circuit Breaker)	20
	2.5.1 Pengertian PMCB	20
	2.5.2 Fungsi PMCB	22
	2.5.3 Bagian – Bagian PMCB	22
	2.5.4 Spesifikasi dan Cara Kerja PMCB	26
2.6	SAIDI dan SAIFI	31

BAB III	METEDOLOGI PENELITIAN DAN PENGUMPULAN DATA		32
3.1	Jenis Penelitian		33
3.2	Pengumpulan Data		33
3.3	Analisa Data		35
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		38
4.1	Hasil Penelitian		38
	4.1.1	Urutan Kerja PMCB	38
	4.1.2	Hasil Pengukuran	39
	4.1.3	Besar Perbedaan Waktu Pemutus Fasa Trip Dan Ground Trip	49
	4.1.4	Perbedaan Waktu Yang Sebenarnya dengan Waktu Refrensi	50
4.2	Kinerja PMCB		50
4.3	Analisis Hasil Penelitian		51
	4.3.1	Analisa Hasil Pengujian Fasa Trip dan Ground Trip	51
	4.3.1	Analisa Hasil Pengujian Fasa Trip dan Ground Trip	55
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN		57
5.1	Kesimpulan		57
5.2	Saran		60
DAFTAR PUSTAKA			61
LAMPIRAN			
A	KONSTRUKSI PMCB		62
B	ASSEMBLY PART		64
C	WIRING DIAGRAM		65
D	KINERJA PMCB BUATAN PLN PUSHARLIS		66
E	PENGUJIAN DIELEKTRIK		67
F	GRAFIK KENAIKAN SUHU		69
G	GRAFIK PENGUJIAN KETAHANAN ARUS WAKTU SINGKAT DAN ARUS PUNCAK		70

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar		Halaman
2.1	Skema Sistem Tenaga Listrik	5
2.2	Konfigurasi Jaringan Listrik (a) Konfigurasi Horizontal (b) Konfigurasi Vertikal (c) Konfigurasi Delta	10
2.3	Konfigurasi Jaringan Radial	11
2.4	Konfigurasi Jaringan Loop	12
2.5	Konfigurasi Jaringan Spindel	13
2.6	Konfigurasi Jaringan Cluster	13
2.7	Karakteristik Rele Arus Waktu Tertentu (Definite Time)	17
2.8	Karakteristik Rele Arus Waktu Terbalik (Inverse Time)	18
2.9	Perbandingan Grafik Rele Arus Waktu Terbalik	18
2.10	Karakteristik Rele IDMT	19
2.11	Arus Pick up (kerja) dan arus kembali (drop off)	19
2.12	Konstruksi Pemasangan PMCB	20
2.13	Konstruksi PMCB	21
2.14	Penempatan PMCB pada jaringan listrik 20kV	21
2.15	Contoh pemasangan PMCB pada tiang penyulang	21
2.16	Box Switching PMCB	22
2.17	VCB (Vacuum Circuit Breaker)	23
2.18	CT Indoor	24
2.19	VT Indoor	25
2.20	Bushing TM 20kV	25
2.21	Box Control PMCB	26
2.22	Panel Kontrol dan Rele Pengaman PMCB	28
2.23	Power Supply dan Terminal Block PMCB	28
2.24	Konstruksi Pemutus Daya	29
2.25	Hubungan Rele Proteksi dan Pemutus Daya	29
2.26	Proses Pemutusan Hubungan Rangkaian	30
3.1	Diagram Alir Penelitian	32
3.2	Grafik Control Response Time Fasa Trip	36

3.3	Grafik Control Response Time Ground Trip	37
4.1	Blok Diagram PMCB	38
4.2	Rangkaian pengujian	39
4.3	Titik Pengukuran Temperatur	41
4.4	Grafik Response Time Hasil Rata-Rata Pengujian Pengujian Fasa Trip	47
4.5	Grafik Response Time Hasil Rata-Rata Pengujian Pengujian Fasa Trip	49
4.6	Perbandingan Antara Grafik Kurva Arus Referensi Fasa Trip Dan Hasil Pemutusan Fasa Trip Yang Sebenarnya	52
4.7	Perbandingan Antara Grafik Kurva Arus Referensi Ground Trip Dan Hasil Pemutusan Ground Trip Yang Sebenarnya	53
4.8	Laporan Kinerja PMCB yang terpasang	56

DAFTAR TABEL

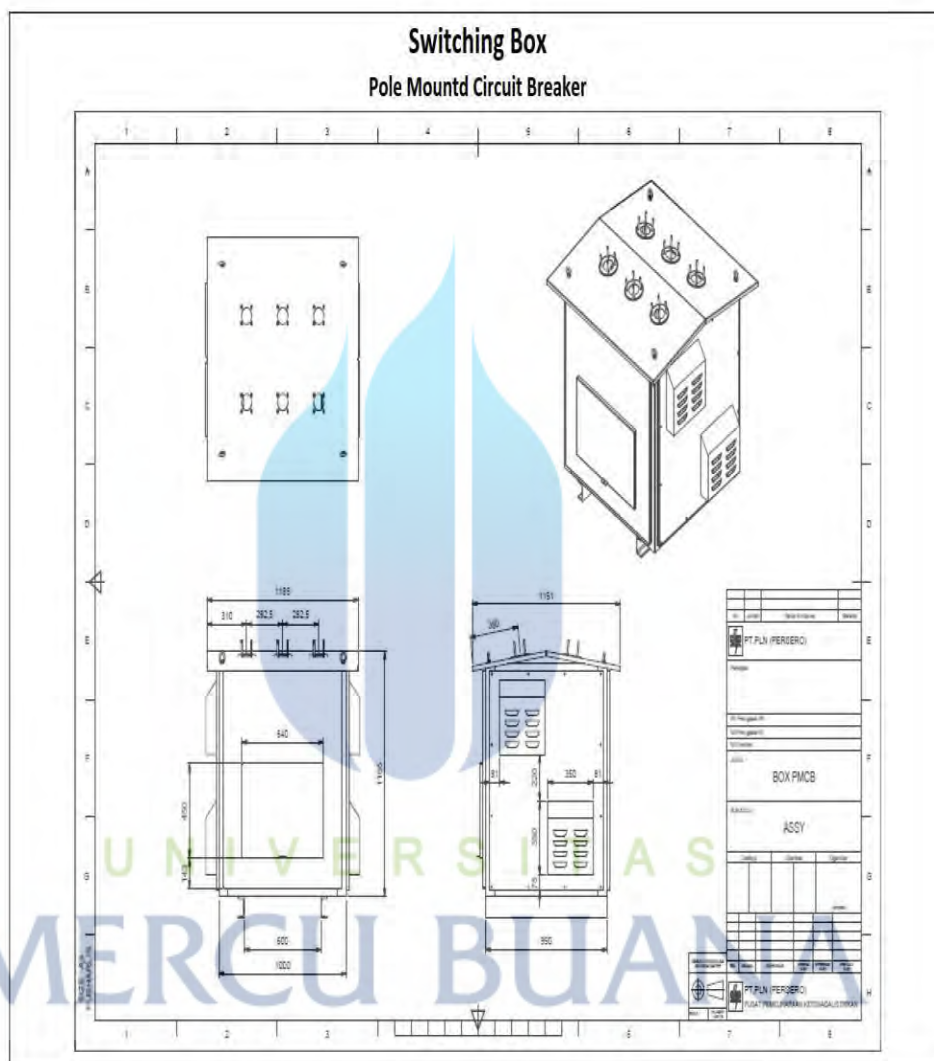
No. Tabel	Halaman
3.1	Tabel pengujian bentuk gelombang impuls 33
3.2	Tabel pengujian tegangan impuls 34
3.3	Tabel pengujian kenaikan temperature 34
3.4	Tabel pengukuran waktu pemutus Fasa Trip 34
3.5	Tabel pengukuran waktu pemutus Ground Trip 35
4.1	Tabel Keterangan Rangkaian Pengujian 39
4.2	Tabel Kondisi Udara Saat Pengujian 40
4.3	Tabel Hasil Pengujian Bentuk Gelombang Impuls 40
4.4	Tabel Hasil Pengujian Tegangan Impuls Petir 41
4.5	Tabel Hasil Pengujian Kenaikan Temperatur 42
4.6	Percobaan 1 Pengukuran Trip Fasa R 43
4.7	Percobaan 2 Pengukuran Trip Fasa R 43
4.8	Percobaan 3 Pengukuran Trip Fasa R 43
4.9	Percobaan 1 Pengukuran Trip Fasa S 44
4.10	Percobaan 2 Pengukuran Trip Fasa S 44
4.11	Percobaan 3 Pengukuran Trip Fasa S 44
4.12	Percobaan 1 Pengukuran Trip Fasa T 44
4.13	Percobaan 2 Pengukuran Trip Fasa T 45
4.14	Percobaan 3 Pengukuran Trip Fasa T 45
4.15	Hasil Rata-Rata Trip Fasa R 45
4.16	Hasil Rata-Rata Trip Fasa S 45
4.17	Hasil Rata-Rata Trip Fasa T 46
4.18	Hasil Pengukuran Rata-Rata Fasa Trip 46
4.19	Percobaan 1 Pengukuran Ground Trip 48
4.20	Percobaan 2 Pengukuran Ground Trip 48
4.21	Percobaan 3 Pengukuran Ground Trip 48
4.22	Hasil Pengukuran Rata-Rata Ground Trip 48
4.23	Perbandingan Besar Waktu Antara Fasa Trip Dan Ground Trip 49

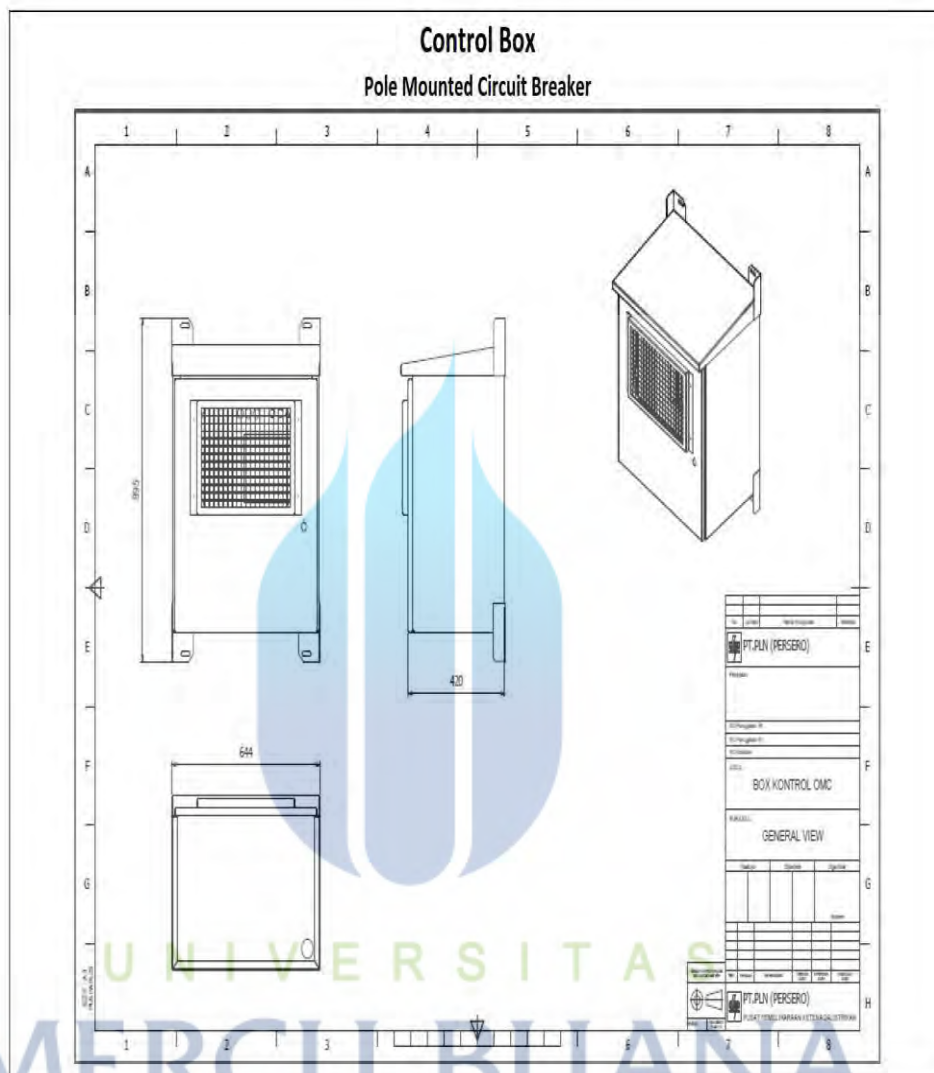
4.24	Perbandingan Besar Waktu Pemutus Pengukuran Fasa Trip dengan Waktu Refrensi	50
4.25	Perbandingan Besar Waktu Pemutus Pengukuran Ground Trip dengan Waktu Refrensi	50
4.26	Data Gangguan Yang Mengakibatkan Trip Di Gardu Induk Sebelum dan Sesudah Dipasang PMCB pada penyulang Pyramid	50
4.27	Perbandingan Besar Waktu Pemutus Pengukuran Fasa Trip dengan Waktu Refrensi	51
4.28	Perbandingan Besar Waktu Pemutus Pengukuran Ground Trip & Table Kurva Arus	53
4.29	Perbandingan Besar Waktu Antara Fasa Trip Dan Ground Trip	54



LAMPIRAN A

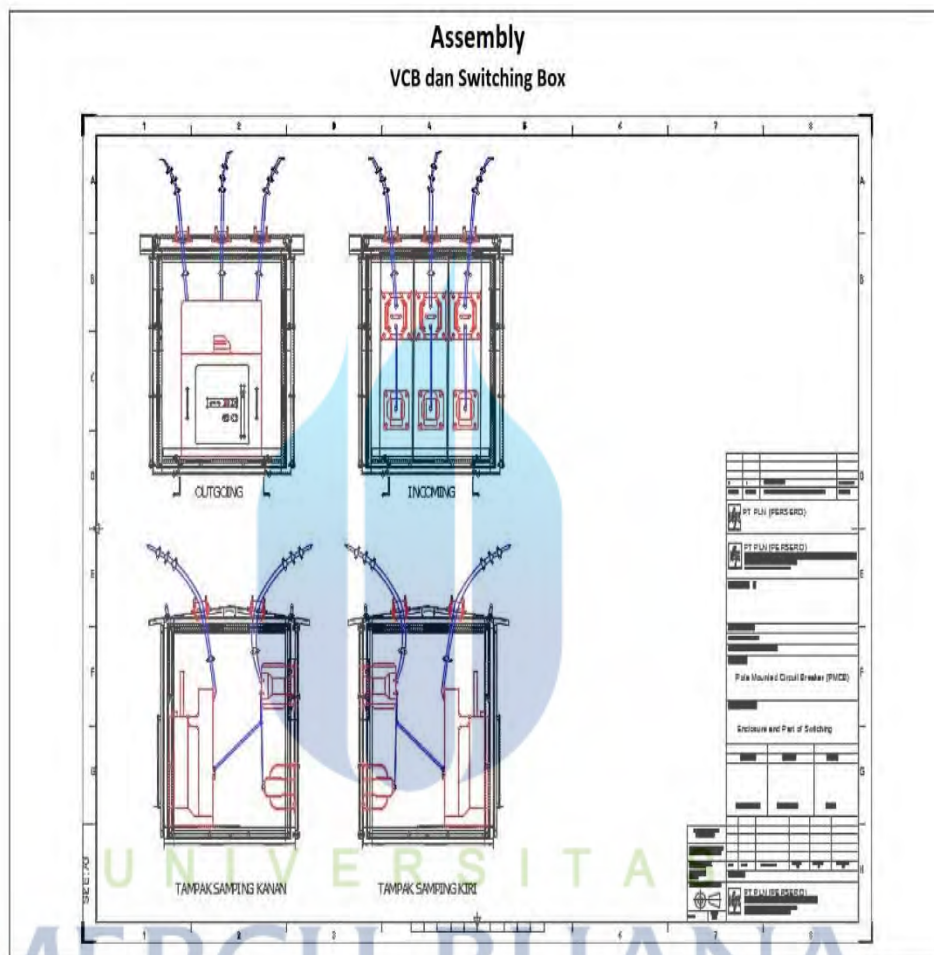
KONSTRUKSI PMCB





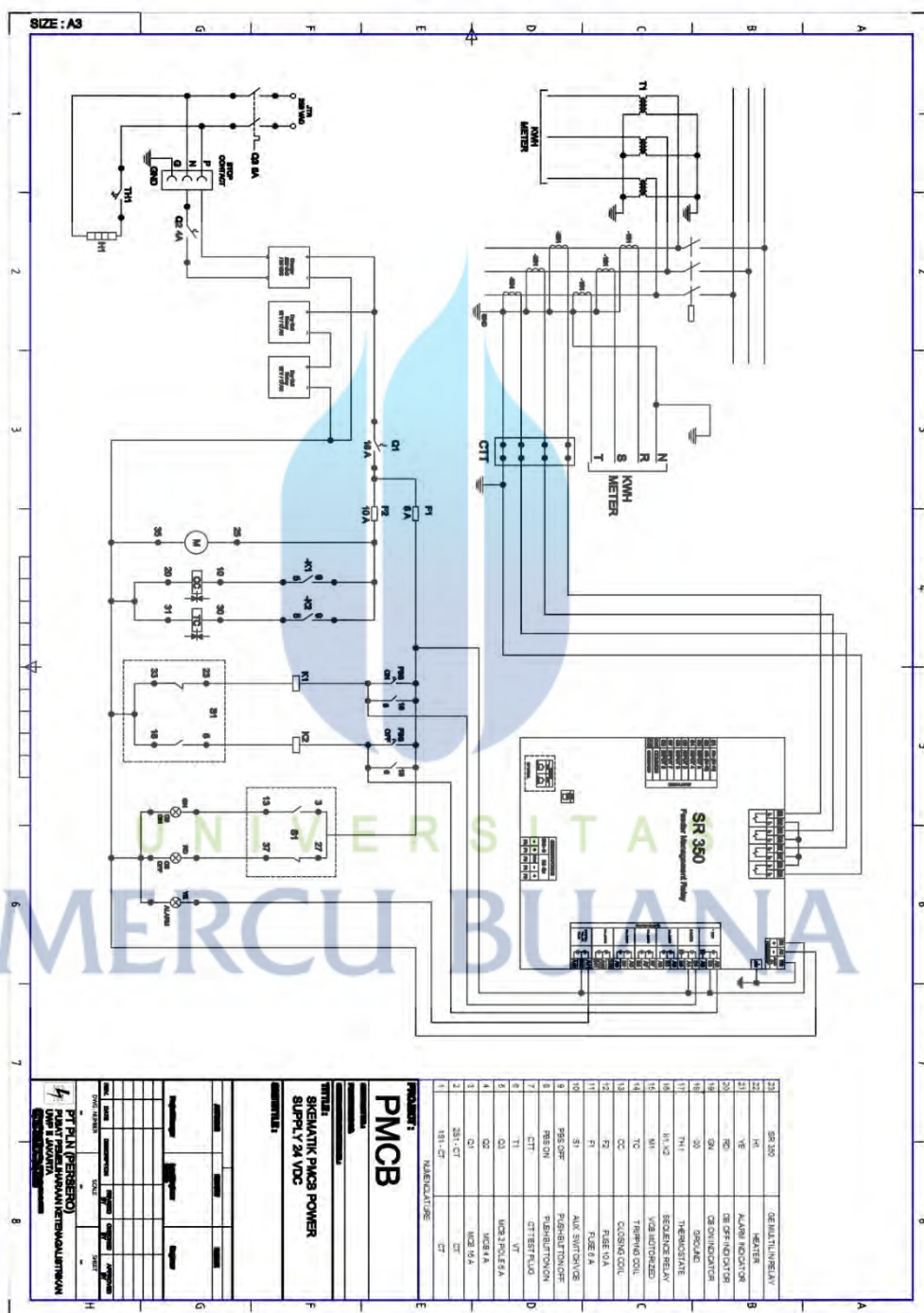
LAMPIRAN B

ASSEMBLY PART



LAMPIRAN C

WIRING DIAGRAM



LAMPIRAN D

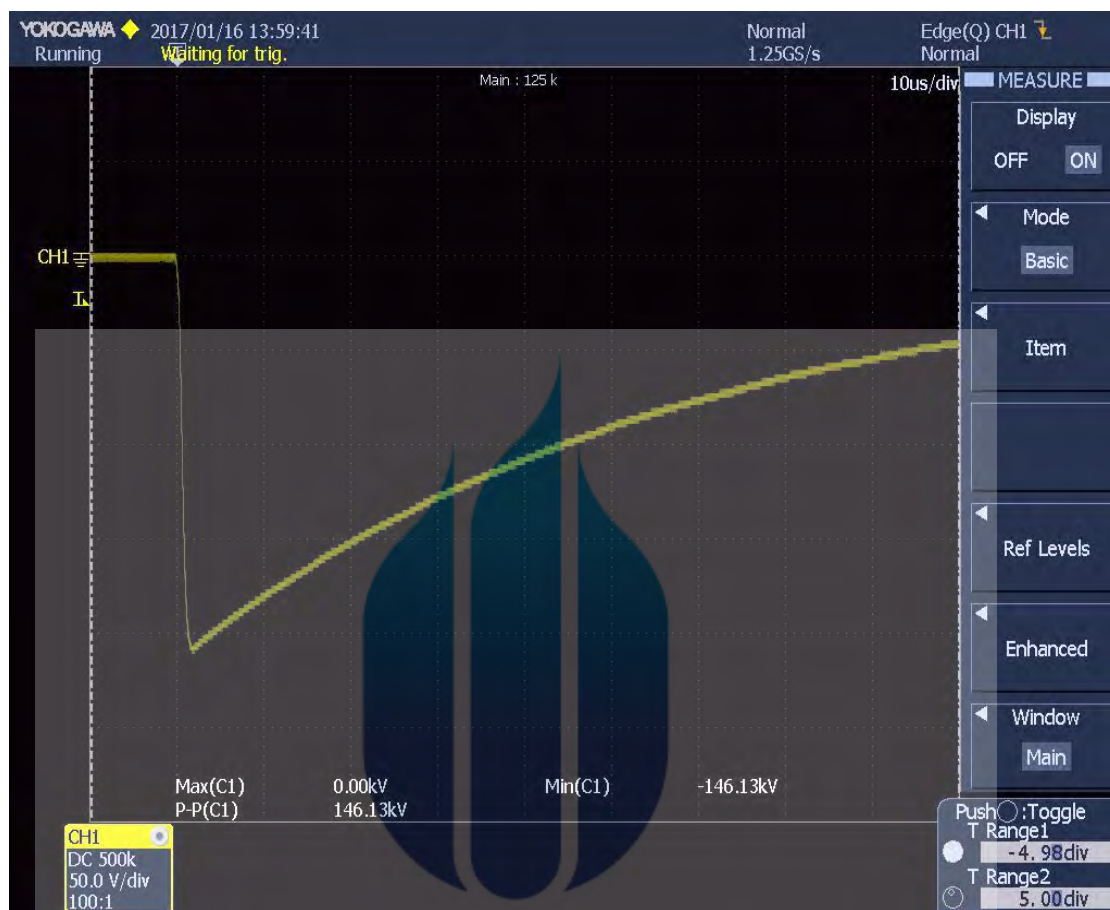
KINERJA PMCB BUATAN PLN PUSHARLIS

DATA GANGGUAN YANG MENAKIBATKAN TRIP DI GARDU INDUK SEBELUM DAN SESUDAH DIPASANG POLE MOUNTED CIRCUIT BREAKER													
1. Penyulang Arak-arak													
	Okt'15	Nop'15	Des'15	Jan'16	Peb'16	Mar'16	Apr'16	Mei'16	Jun'16	Jul'16	Agt'16	Sep'16	Jumlah
Sebelum	7	3	0	2	0	0	2	2	10	1	1	8	36
	Okt'16	Nop'16	Des'16	Jan'17	Peb'17	Mar'17	Apr'17	Mei'17	Jun'17	Jul'17	Agt'17	Sep'17	
Sesudah	3	3	0	3	1	3	3	2	0	0	1	2	21
	Okt'17	Nop'17	Des'17	Jan'18	Peb'18	Mar'18	Apr'18	Mei'18	Jun'18	Jul'18	Agt'18	Sep'18	
Sesudah	2	3	2	0	3	1	1	1	1	0	0		14
2. Penyulang Klabang													
	Jun'16	Jul'16	Agt'16	Sep'16	Okt'16	Nop'16	Des'16	Jan'17	Peb'17	Mar'17	Apr'17	Mei'17	Jumlah
Sebelum	4	0	7	5	4	6	0	6	1	0	1	1	35
	Jun'17	Jul'17	Agt'17	Sep'17	Okt'17	Nop'17	Des'17	Jan'18	Peb'18	Mar'18	Apr'18	Mei'18	
Sesudah	1	1	1	2	4	2	3	1	2	0	0	0	17
	Jun'18	Jul'18	Agt'18	Sep'18	Okt'18	Nop'18	Des'18						
Sesudah	0	0	0										0
3. Penyulang Pyramid													
	Nop'16	Des'16	Jan'17	Peb'17	Mar'17	Apr'17	Mei'17	Jun'17	Jul'17	Agt'17	Sep'17	Okt'17	Jumlah
Sebelum	2	4	0	4	4	1	1	2	1	2	3	4	28
	Nop'17	Des'17	Jan'18	Peb'18	Mar'18	Apr'18	Mei'18	Jun'18	Jul'18	Agt'18	Sep'18	Okt'18	
Sesudah	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1			3
4. Penyulang Saradan													
	Apr'17	Mei'17	Jun'17	Jul'17	Agt'17	Sep'17	Okt'17	Nop'17	Des'17	Jan'18	Peb'18	Mar'18	Jumlah
Sebelum	1	0	0	2	2	0	3	1	0	0	0	1	10
	Apr'18	Mei'18	Jun'18	Jul'18	Agt'18	Sep'18	Okt'18	Nop'18	Des'18	Jan'09	Peb'09	Mar'09	
Sesudah	0	0	0	0	0								0
5. Penyulang Suluk													
	Apr'17	Mei'17	Jun'17	Jul'17	Agt'17	Sep'17	Okt'17	Nop'17	Des'17	Jan'18	Peb'18	Mar'18	Jumlah
Sebelum	4	0	1	1	1	0	1	3	0	1	2	4	18
	Apr'18	Mei'18	Jun'18	Jul'18	Agt'18	Sep'18	Okt'18	Nop'18	Des'18	Jan'09	Peb'09	Mar'09	
Sesudah	2	1	1	0	0								4

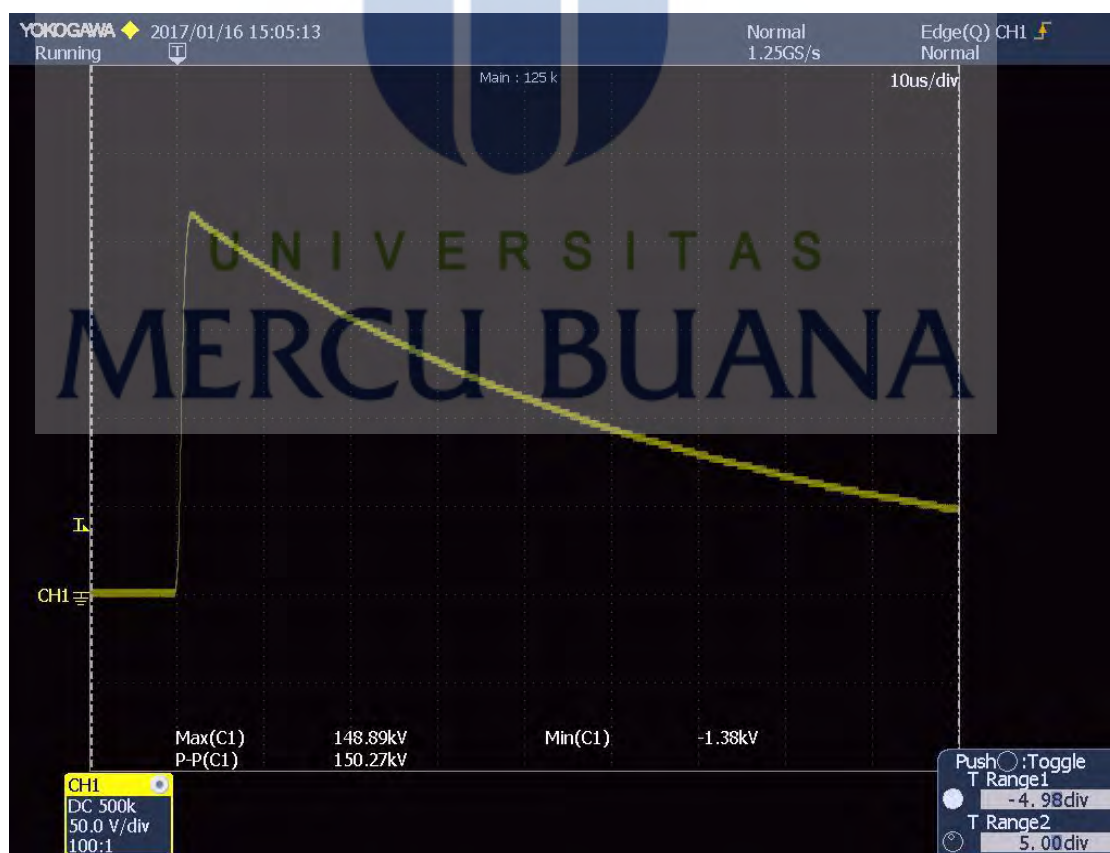
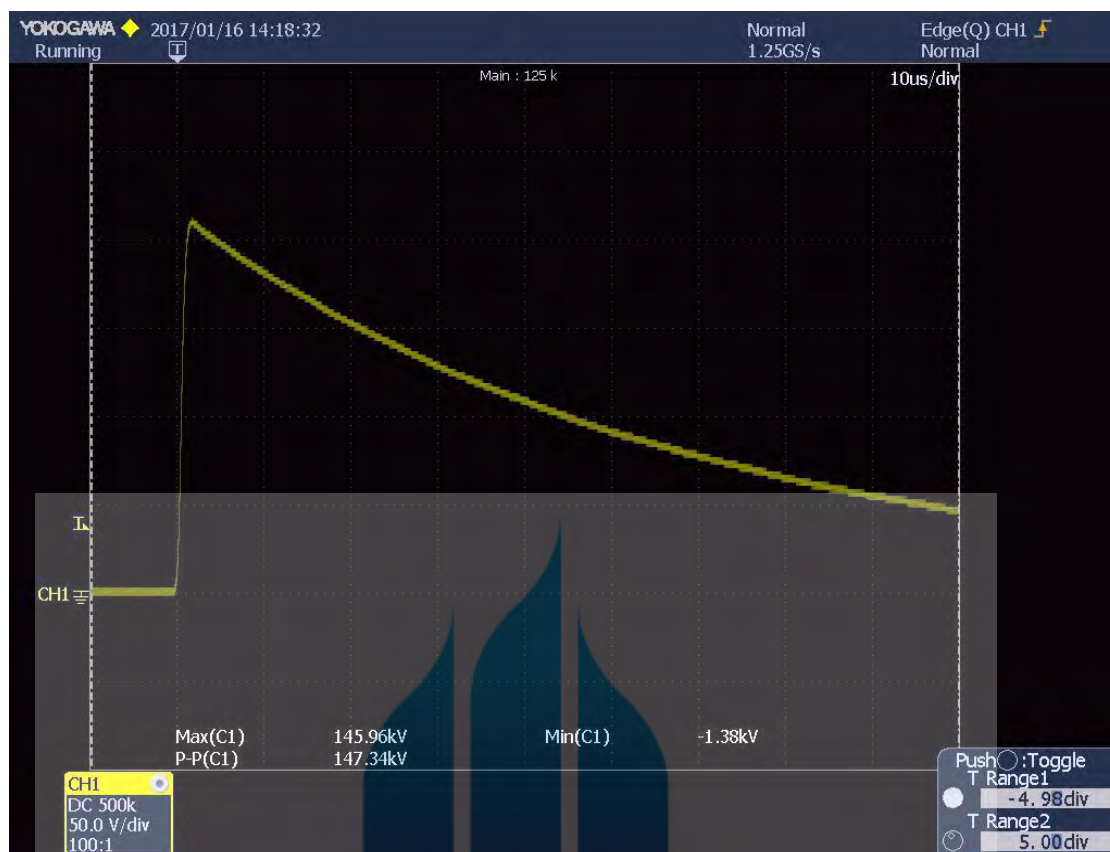
UNIVERSITAS
MERCU BUANA

LAMPIRAN E

PENGUJIAN DIELEKTRIK

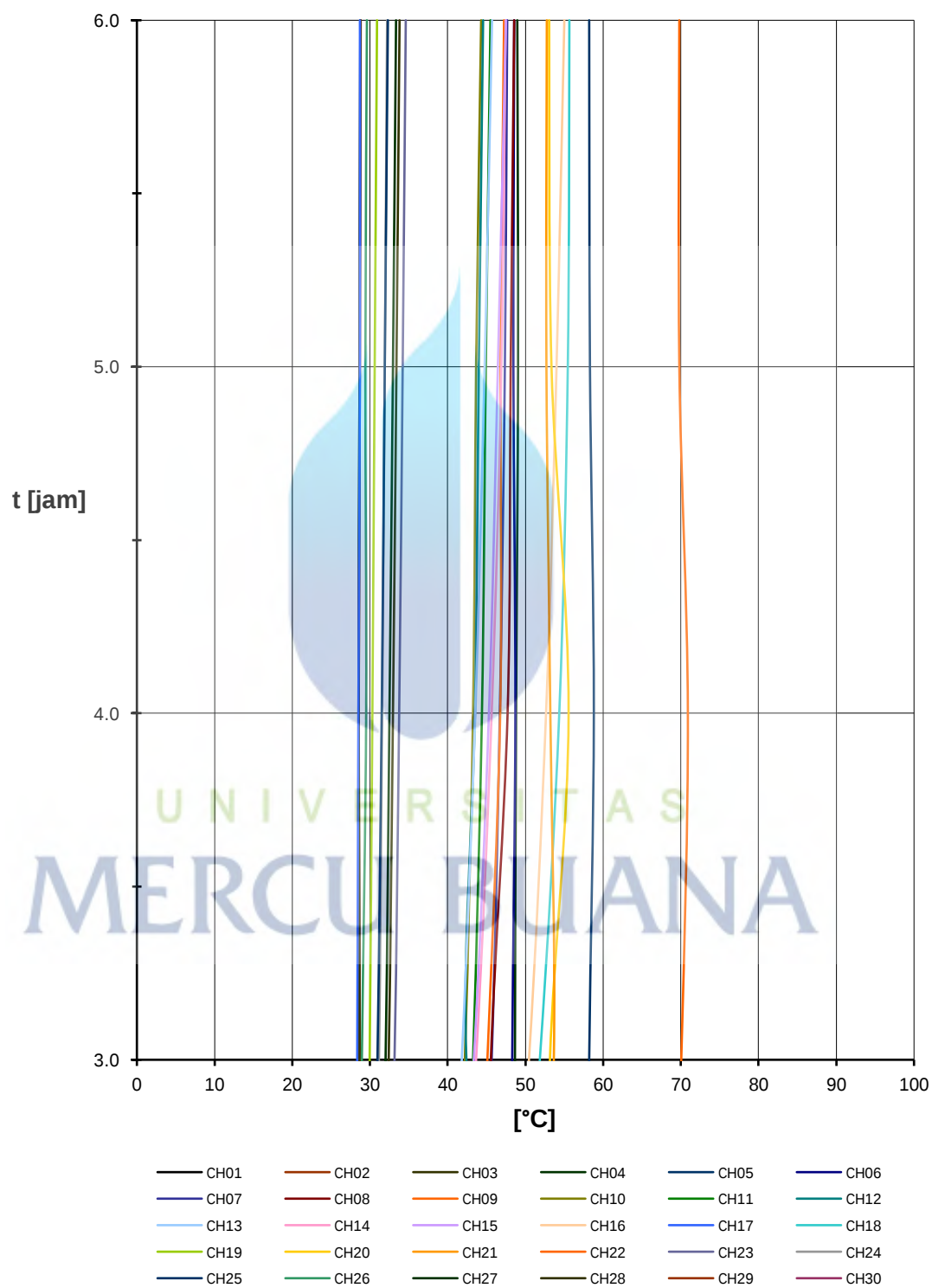


UNIVERSITAS
MERCU BUANA



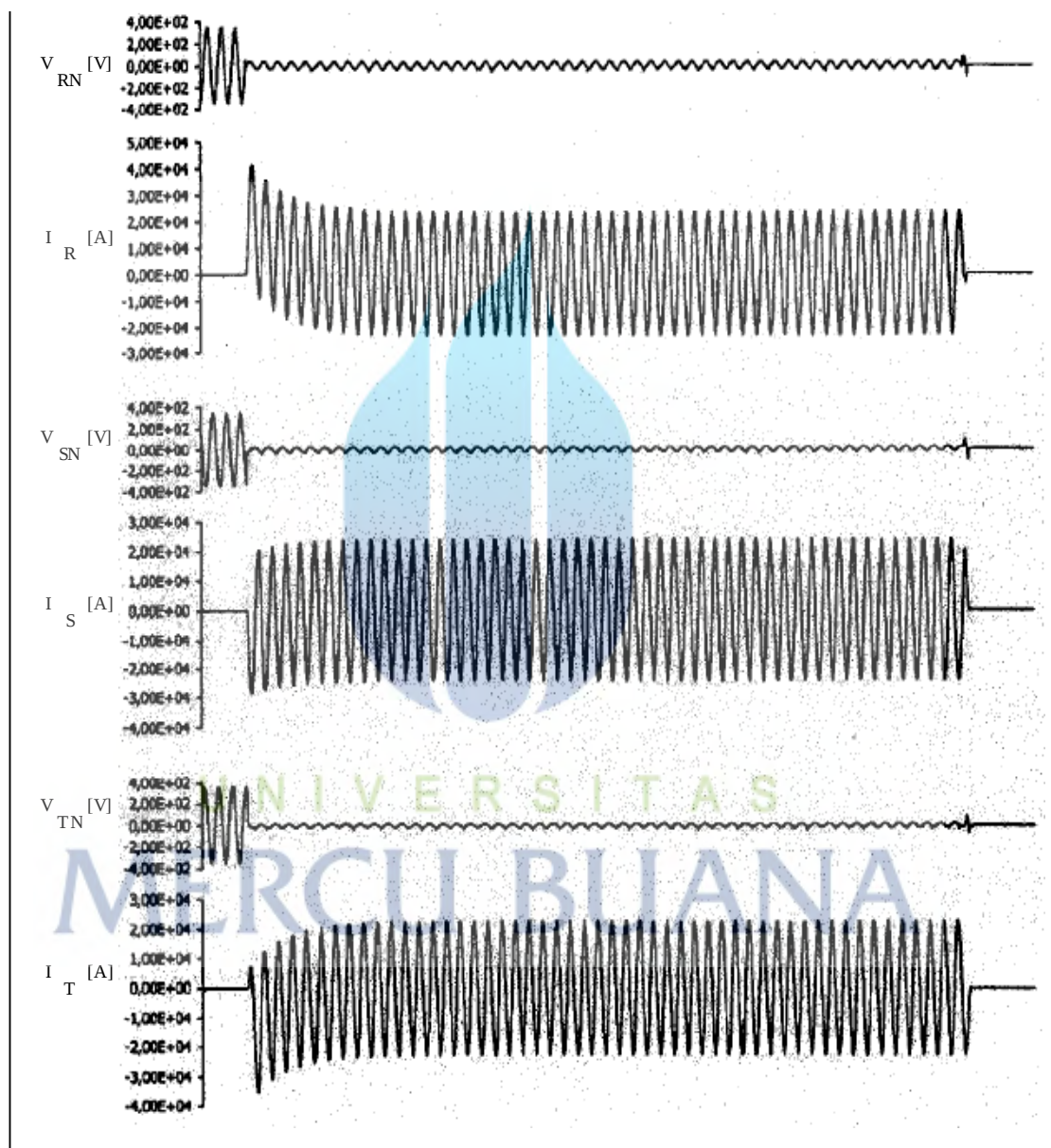
LAMPIRAN F

GRAFIK KENAIKAN SUHU



LAMPIRAN G

**GRAFIK PENGUJIAN KETAHANAN ARUS WAKTU SINGKAT DAN ARUS
PUNCAK**



Analisa Kinerja PMCB Pada Penyulang Pyramid Di Distribusi 20kv

Jefri Yan Putra Sipahutar

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta.

Email: 41416310018@student.mercubuana.ac.id

Abstrak-- Dalam Proyek Akhir ini membahas tentang kelayakan dan kinerja PMCB (Pole Mounted Circuit Breaker) sebagai peralatan proteksi yang merupakan alat inovasi dari PLN yang digunakan untuk proteksi jaringan tegangan menengah.

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan membandingkan data dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap PMCB lalu membandingkan dengan standard IEC 62271-1, serta data trend gangguan setelah PMCB terpasang di Penyulang Pyramid. Data pengujian diperoleh dari hasil pengujian yang dilakukan di PLN Puslitbang dan PLN Pusharlis, sedangkan data trend gangguan diperoleh dari laporan PLN Area Depok.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan PMCB telah memenuhi standard IEC 62271-1. Dengan bentuk gelombang impuls pada waktu muka polaritas positif = 0,985 μ s, polaritas negatif = 0,945 μ s, sedangkan waktu ekor polaritas positif 46,54 μ s, polaritas negatif 46,66 μ s, dan over-shoot masing-masing polaritas < 5%. Pengujian tegangan impuls petir jumlah yang tembus pada polaritas positif dan negatif masing-masing 0. Kenaikan pada sambungan kenaikan rata-rata suhu 19,98 K, pada terminal untuk koneksi ke konduktor eksternal kenaikan rata-rata suhu 29,4 K, pada casing PMCB kenaikan rata-rata suhu 5,95 K, dan Isolasi atau bagian logam yang terhubung dengan isolasi kenaikan suhu 4.2 K. Pada operasi fasa trip PMCB akan memutus 1.2 – 3.7 kali lebih cepat dibanding nilai refrensei sesuai dengan arus gangguan yang terjadi. Sedangkan pada ground trip PMCB akan memutus 2 – 9 kali lebih cepat dari nilai refrensi. PMCB juga efektif dalam menurunkan SAIDI SAIFI pada penyulang pyramid sebesar $\pm$ 5%.

Kata Kunci : PMCB, IEC6 2271-1, SAIDI SAIFI.

Abstract-- In this Final Project discusses the feasibility and performance of PMCB (Pole Mounted Circuit Breaker) as protection equipment which is an innovation tool from PLN that is used for the protection of medium voltage networks.

The analytical method used in this study is to compare the data from the results of the tests carried out on PMCB then compare it with the IEC 62271-1 standard, as well as the trend trend data after PMCB is installed in the Pyramid Feeder. The test data is obtained from the results of the tests conducted at the PLN Puslitbang and PLN Pusharlis, while the trend trend data is obtained from the PLN Area Depok report.

The results of this study indicate that PMCB has met the IEC 62271-1 standard. With the impulse wave shape at positive polarity = 0.985 μ s, negative polarity = 0.945 μ s, while the tail time of positive polarity is 46.54 μ s, negative polarity is 46.66 μ s, and over-shoot polarity is <5%. Testing of the amount of lightning impulse voltage penetrating at the positive and negative polarity of each 0. The increase in the connection of the mean increase in temperature is 19.98 K, at the terminal for connection to the external conductor the average temperature rises is 29.4 K, at casing PMCB average temperature increase of 5.95 K, and Isolation or metal parts connected with temperature rise isolation 4.2 K. In the PMCB trip phase operation will break 1.2 - 3.7 times faster than refraction value in accordance with the current disturbance. While the PMCB ground trip will break 2-9 times faster than reference value. PMCB is also effective in reducing SAIDI SAIFI in pyramid feeders by $\pm$ 5%.

Keywords: PMCB, IEC6 2271-1, SAIDI SAIFI.

1. Pendahuluan

Rele pengaman (OCR, OVR, UVR dan EFR) dan recloser yang umumnya terpasang di gardu induk dan beberapa recloser pada jaringan utama, memiliki koordinasi yang baik terhadap gardu induk untuk gangguan 1 phasa ke tanah

pada pentanahan langsung (1/3 gangguan fasa – fasa) dan pentanahan tahanan rendah (80 A s.d 300 A), tetapi hal ini tidak berlaku untuk pentanahan dengan jenis tahanan tinggi, karena arus gangguan 1 phasa ke tanah sangat kecil

(=25 A) dan mempunyai nilai hampir sama sepanjang jaringan.

Kegagalan koordinasi rele pengamanan saat terjadi gangguan 1 phasa ke tanah berdampak pada menurunnya nilai indikator keandalan suatu system distribusi yaitu SAIDI SAIFI. Untuk melokalisir gangguan 1 phasa ke tanah yang sering terjadi pada ujung penyulang (daerah pedesaan atau jumlah pelanggan terpasang relatif kecil) maka dirancanglah peralatan yang dapat melokalisir gangguan tersebut tanpa mengurangi kaidah utama sistem proteksi (kecepatan respon, selektivitas area, sensitivitas pengukuran) juga memenuhi persyaratan SPLN 2 tahun 1978, SPLN 52-3 tahun 1983.

Peralatan *Pole Mounted Circuit Breaker* (PMCB) dapat menyelesaikan persoalan proteksi berikut koordinasinya pada seluruh jenis system pentanahan yang ada. PMCB juga mempunyai beberapa kelebihan fungsi antara lain:

1. Melokalisir gangguan hanya pada daerah terganggu secara selektif,
2. Berfungsi sebagai recloser untuk gangguan - gangguan temporer (sementara),
3. Sebagai alat ukur presisi kWh EXIM (Export – Import) perbatasan 2 area kerja,
4. Sebagai alat ukur presisi APP (Alat Pengukur dan Pembatas) Pelanggan,
5. Sebagai sarana *Manual Load Shedding* dengan adanya fasilitas *Master Remote Control* melalui sistem SCADA.

Tingkat keandalan dalam sistem distribusi dinyatakan dalam bentuk jumlah rata-rata pemutusan akibat gangguan yang sering terjadi, juga ditentukan oleh lamanya waktu pemutusan akibat gangguan tersebut dan pengembalian pelayanan pada bagian yang tidak terganggu maupun bagian yang terganggu setelah terjadi clearing ataupun setelah gangguan diisolir.

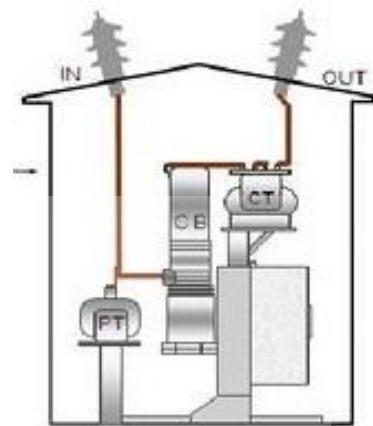
2. Tinjauan Pustaka

2.1 PMCB

2.1.1 Penjelasan Umum

PMCB (Pole Mounted Circuit Breaker) adalah sistem proteksi yang terpasang pada tiang jaringan listrik 20 kV untuk semua jenis sistem pentanahan yg efektif, fleksibel, murah, sekaligus untuk Alat Pembatas dan Pengukur (APP) pelanggan PT. PLN (Persero), untuk tegangan menengah. Dengan menggunakan PMCB,

lingkupnya lebih kecil dan akan melokalisir pemutusan aliran listrik di suatu daerah bila terjadi gangguan, dibandingkan bila pemutusan aliran dari gardu induk. Pengukuran penggunaan listrik untuk pelanggan juga akan lebih akurat dan dapat mendeteksi kebocoran listrik bila terjadi.



Gambar. 1: Konstruksi PMCB

2.1.2 Optical Network Terminal (ONT)

PMCB sebagai pengamanan pada jaringan listrik tegangan menengah memiliki beberapa fungsi, yaitu:

1. Melokalisir gangguan listrik hanya pada daerah yang terganggu saja secara selektif.
2. Sebagai PMCB untuk gangguan temporer (sementara).
3. Sebagai alat ukur presisi kWh EXIM (Export – Import) perbatasan 2 area kerja.
4. Sebagai alat ukur presisi APP (Alat Pengukur dan Pembatas) Pelanggan.
5. Sebagai sarana *Manual Load Shedding* dengan adanya fasilitas *Master Remote Control*.

Tabel 1. Spesifikasi PMCB

Box Switching	Dimensi	Panjang : 1185 mm Lebar : 1161 mm Tinggi : 1165 mm
	Bahan	Stainless Steel 304
Box Control	Dimensi	Panjang : 644 mm Lebar : 420 mm Tinggi : 895 mm
	Bahan	Stainless Steel 304
Circuit Breaker	Tegangan pengenal	24 kV
	Arus normal pengenal	630 A

	Frekuensi	50 Hz
	Ketahanan arus waktu-singkat	16 kA
	Durasi hubung-singkat	1 s
	Arus ketahanan puncak	40 kA
	Kapasitas pemasukan hubung-singkat	40 kA
	Kapasitas pemutusan	16 kA
	Waktu buka/tutup	40 ms/60ms
	Operating sequence	O-0,3sec-CO-15sec-CO
Current Transformer	Tingkat isolasi	24/50/125 kV
	Rasio	400/ 5-5 A
	Burden	10 - 20 VA
	Kelasisolasi	B
	Kelas	0,25 / 5P10
	Ketahanan arus waktu singkat pengenal	16 kA
	Durasi hubung-singkat	1s
Voltage Transformer	Tingkat isolasi	24/ 50 / 125 kV
	Tegangan pengenal	20000/ Ö3 / 100/ Ö 3
	Frekuensi	50 Hz
	Kelas ketelitian	0,2
	Burden	30 VA
	Kelas suhu isolasi	B
	Penandaan terminal	a1-n ; a2-n

2.2 SAIDI SAIFI

Sesuai SPLN 59 tahun 1985, SAIDI (*System Average Interrupted Duration Index*) atau biasa disebut indeks lama pemadaman rata-rata adalah jumlah lamanya pemadaman yang dialami konsumen dalam satu tahun, dibagi dengan jumlah konsumen yang dilayani dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$d = \frac{\sum_{i=1}^m C_i t_i}{N} \quad \frac{\text{jam.perpelanggan}}{\text{tahun}}$$

dengan,

m : jumlah pemadaman dalam satu tahun

t_i : lamanya tiap-tiap pemadaman

C_i :Jumlah konsumen yang mengalami pemadaman

N : Jumlah kosumen yang dilayani

SAIFI (*System Average Interrupted Frequency Index*) atau biasa disebut indeks frekuensi pemadaman rata-rata adalah jumlah konsumen yang mengalami pemadaman dalam satu tahun dibagi dengan jumlah konsumen yang dilayani, dapat dirumuskan sbb:

$$f = \frac{\sum_{i=1}^m C_i}{N} \quad \frac{\text{kali.perpelanggan}}{\text{tahun}}$$

dengan,

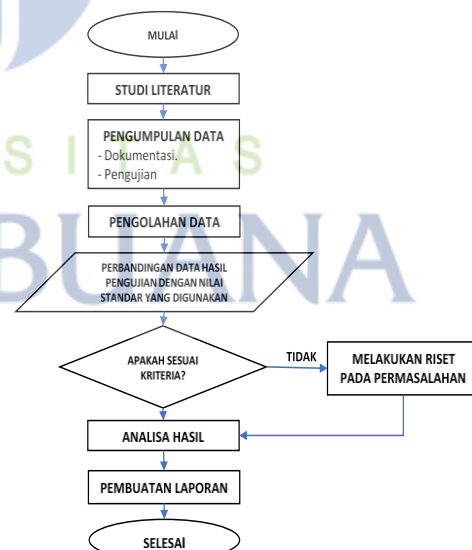
m : jumlah pemadaman dalam satu tahun

C_i :Jumlah konsumen yang mengalami pemadaman

N : Jumlah kosumen yang dilayani

3. Metodologi Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kelayakan PMCB sebagai peralatan proteksi pada jaringan distribusi 20 kV. Metode yang dilakukan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan dalam penyusunan skripsi ini adalah dengan cara observasi lapangan, observasi pengamatan/pengujian, dan observasi kepustakaan. Adapun tahap-tahap metode penelitian yang penulis lakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3.1. JENIS PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan data pengujian yang dilakukan terhadap PMCB. Pengujian yang dilakukan antara lain :

1. Pengujian dilakukan sesuai dengan standar IEC 62271-1 (2011-08), yang merupakan standar untuk *High-voltage switchgear and controlgear*.
2. Pengujian dengan alat uji *Mc. Graw Edison* meliputi :
 - a. Waktu pemutus PMCB jika mendapat arus gangguan sebesar 200%, 300%, 400%, 500% dari arus settingnya atau I nominal.
 - b. Perbedaan waktu pemutus yang sebenarnya dari PMCB dengan Control Response Time.
 - c. Perbedaan waktu pemutus Fasa Trip dengan Ground Trip.

Peneliti juga melakukan monitoring terhadap keefektifan pemasangan PMCB terhadap penyulang Pyramid, dengan mengambil data trend gangguan sebelum dan sesudah dilakukan pemasangan PMCB.

4. Hasil dan Analisa

4.1. Hasil Pengukuran

- a. Pengujian impuls petir dilakukan dengan jumlah penerapan/polaritas sebanyak 15 dengan tegangan uji 125 kV.

Tabel 2. Hasil Pengujian Impuls Petir.

Polaritas	Bentuk Gelombang		
	Waktu Muka [μs]	Waktu Ekor [μs]	Over-Shoot [%]
Positif	0.985	46.54	< 5
Negatif	0.945	46.66	< 5
Standard IEC 62271-1	0,84 - 1,56	40 - 60	< 5

- b. Pengujian kenaikan temperature dilakukan dengan memberikan arus sebesar 400 A ke masing-masing fasa (R, S, dan T).

Tabel 3. Hasil Pengujian Kenaikan Suhu

No	Titik Pengukuran	Bahan	Nomor Kanal	Suhu [°C]	Kenaikan Suhu	
					Hasil Ukur [K]	Standard [K]
1	Suhu ruang		1	26.7	-	-
			2	26.7	-	
			3	26.7	-	
2	Sambungan	Tembaga polos	7	47.7	21.0	≤ 50
			8	48.6	21.9	
			9	47.3	20.6	
			10	44.3	17.6	
			11	45.5	18.8	
			12	46.7	20.0	
			13	45.7	19.0	
			14	47.5	20.8	
			15	47.5	20.8	
			16	55.0	28.3	
			17	28.7	2.0	
			18	55.7	29.0	

3	Terminal untuk koneksi ke konduktor eksternal	Tembaga polos	4	49.1	22.4	≤ 50
			5	58.8	32.1	
			6	48.7	22.0	
			20	55.6	28.9	
			21	53.7	27.0	
			22	70.9	44.2	
4	Badan PMCB		23	34.6	7.9	≤ 40
			24	32.2	5.5	
			25	32.3	5.6	
			26	29.6	2.9	
			27	33.4	6.7	
			28	33.8	7.1	

- c. Fasa Trip
Pengukuran fasa trip ini dilakukan sebanyak 3 kali untuk masing - masing fasanya yaitu fasa R, S, dan fasa T dengan arus gangguan sebesar 200%, 300%, 400%, dan 500% dari arus setting kumparan trip yang sebesar 100A atau I nominal. Dari pengukuran fasa trip diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Rata-Rata Pengujian Fasa Trip

Arus Gangguan	Operasi Trip Pertama (s)	Operasi Trip Kedua (s)	Operasi Trip Ketiga (s)
200% X 100A	0.0252	0.7612	0.7611
300% X 100A	0.0128	0.2001	0.2002
400% X 100A	0.0116	0.1344	0.1343
500% X 100A	0.0040	0.0741	0.0741

- d. Ground Trip
Pada pengukuran ground trip ini juga dilakukan sebanyak 3 kali dengan arus gangguan sebesar 200%, 300%, 400%, dan

500% arus setting kumparan trip yang besarnya 100A atau 1 nominal. Dari pengukuran ground trip diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Rata-Rata Pengujian Ground Trip

Arus Gangguan	Operasi Trip Pertama (s)	Operasi Trip Kedua (s)	Operasi Trip Ketiga (s)
200% X 100A	0.0178	0.0654	0.0654
300% X 100A	0.0023	0.0275	0.0275
400% X 100A	0.0020	0.0215	0.0215
500% X 100A	0.0013	0.0193	0.0193

e. Kinerja PMCB

Setelah dilakukan pemasangan PMCB di penyulang Pyramid pada periode Nopember 2017, hasilnya PMCB efektif dalam mengurangi jumlah gangguan yang terjadi pada penyulang Pyramid.

Tabel 6. Data Gangguan Yang Mengakibatkan Trip Di Gardu Induk Sebelum dan Sesudah Dipasang PMCB pada penyulang Pyramid

Sebelum		Sesudah	
Periode	Jumlah Gangguan	Periode	Jumlah Gangguan
Nop'16	2	Nop'17	1
Des'16	4	Des'17	0
Jan'17	0	Jan'18	0
Peb'17	4	Peb'18	0
Mar'17	4	Mar'18	0
Apr'17	1	Apr'18	0
Mei'17	1	Mei'18	0
Jun'17	2	Jun'18	1
Jul'17	1	Jul'18	0
Agst'17	2	Agst'18	1
Sep'17	3	Sep'18	-
Okt'17	4	Okt'18	-
Jumlah	28	Jumlah	3

4.2 Analisa Hasil Penelitian

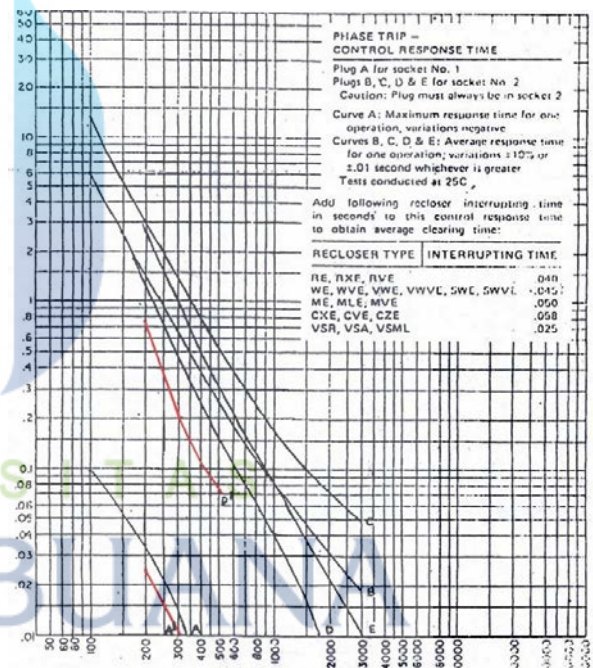
a. Analisa Hasil Pengujian Fasa Trip dan Ground Trip

Analisis hasil penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah yang terjadi perbedaan antara hasil penelitian yang dilakukan dengan grafik kurva arus. Adapun analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut :

Tabel 7. Perbandingan Besar Waktu Pemutus Pengukuran Fasa Trip dengan Waktu Refrensi.

Arus Gangguan	Operasi Trip Pertama (s)		Operasi Trip Kedua (s)		Operasi Trip ketiga (s)	
	Pengukuran	Refrensi	Pengukuran	Refrensi	Pengukuran	Refrensi
200% X 100A	0.0252	0.0340	0.7612	1.2500	0.7611	1.2500
300% X 100A	0.0128	0.0150	0.2001	0.4700	0.2002	0.4700
400% X 100A	0.0116	<0.015	0.1344	0.2600	0.1343	0.2600
500% X 100A	0.0040	<0.015	0.0741	0.1500	0.0741	0.1500

Pada hasil pengukuran besar trip pada fasa trip PMCB dibanding dengan kurva A untuk operasi fasa trip pertama sedangkan untuk operasi kedua dan ketiga hasil percobaan dibanding dengan kurva D, garis grafik untuk kurva A dan kurva D dapat dilihat pada gambar 3.

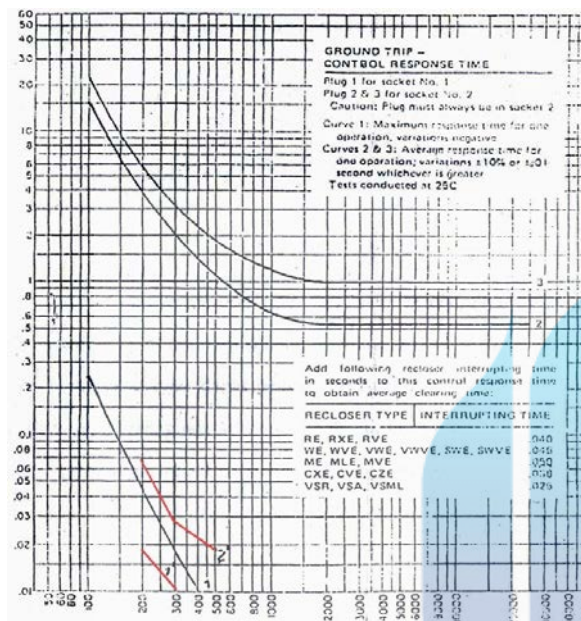


Gambar 3. Perbandingan Antara Grafik Kurva Arus Referensi Fasa Trip Dan Hasil Pemutusan Fasa Trip Yang Sebenarnya

Tabel 8. Perbandingan Besar Waktu Pemutus Pengukuran Ground Trip & Table Kurva Arus

Arus Gangguan	Operasi Trip Pertama (s)		Operasi Trip Kedua (s)		Operasi Trip ketiga (s)	
	Pengukuran	Refrensi	Pengukuran	Refrensi	Pengukuran	Refrensi
200% X 100A	0.0178	0.0450	0.0654	3.9500	0.0654	3.9500
300% X 100A	0.0023	0.0180	0.0275	2.0000	0.0275	2.0000
400% X 100A	0.0020	0.0120	0.0217	1.4500	0.0215	1.4500
500% X 100A	0.0013	<0.012	0.0193	1.2550	0.0193	1.2550

Sedangkan pada hasil pengukuran besar waktu trip pada ground trip PMCB dibanding dengan kurva 1 untuk operasi ground trip pertama sedang untuk operasi kedua dan ketiga hasil percobaan dibanding dengan kurva 2, garis grafik untuk kurva 1 dan 2 dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan Antara Grafik Kurva Arus Referensi Ground Trip Dan Hasil Pemutusan Ground Trip Yang Sebenarnya

Dari data rata-rata yang diperoleh baik fasa trip maupun ground trip juga dibandingkan dengan garis grafik kurva A dan kurva D untuk fasa trip serta garis grafik kurva 1 dan garis grafik kurva 2 untuk ground trip maka hasil data pemutus yang sebenarnya dari PMCB tersebut masih dibawah garis grafik kurva. Hal ini bisa dilihat pada gambar 4.2 dan 4.3, dimana garis grafik hasil pengukuran dari PMCB ditunjukkan dengan garis merah.

Ini berarti bahwa PMCB tersebut masih dapat digunakan sebagai sistem proteksi pada jaringan 20 kV. Karena PMCB dapat bekerja dengan cepat sehingga kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan semakin kecil, serta dapat mengurangi meluasnya akibat dari adanya gangguan itu sendiri sehingga stabilitas sistem dapat lebih baik (Sulasno, 1993 : 349).

b. Analisa Hasil Setelah Pemasangan PMCB

Dari data Gangguan Yang Mengakibatkan Trip Di Gardu Induk Sebelum dan Sesudah Dipasang PMCB pada penyulang Pyramid dapat disimpulkan bahwa PMCB mampu

mengurangi gangguan pada GI sebesar 93% dari periode sebelum PMCB di penyulang Pyramid, hal ini membuat kinerja PLN APJ Depok sebagai unit yang menangani penyulang tersebut mengalami peningkatan. SAIDI pada penyulang Pyramid pada periode Nopember 2016 – Oktober 2017 sebesar 21.67%, setelah pemasangan PMCB SAIDI mengalami penurunan pada periode Nopember 2017 - Agustus 2018 menjadi 16.07%. Sedangkan SAIFI pada periode Nopember 2016 – Oktober 2017 sebesar 21.19%, setelah pemasangan PMCB SAIFI mengalami penurunan pada periode Nopember 2017 - Agustus 2018 menjadi 15.94%.

PERHITUNGAN SAIDI SAIFI

No	Uraian	Satuan	Lokasi Penyulang			Total
			Saradan	Suluk	Pyramid	
1	Pig yang diamankan shg tdk padam	plg	1,159	1,829	2,681	
2	Pig Total	plg	7,244	6,772	8,694	
3	Jumlah gangguan penyulang sebelum peralatan diuji selama 1 tahun	Kali	10	18	33	
4	Jumlah gangguan penyulang setelah peralatan diuji selama 1 tahun	Kali	1	4	2	
5	Rata2 waktu padam pada daerah yg diamankan	Jam	1,00	0,50	1,25	
6	SAIDI sebelum	jam/plg	10,00	9,00	41,25	21,67
7	SAIDI sesudah	jam/plg	8,56	7,11	29,30	16,07
8	Perbaikan SAIDI	jam/plg	1,44	1,89	11,95	5,60
9	SAIFI sebelum	kali/plg	10,00	18,00	33,00	21,19
10	SAIFI sesudah	kali/plg	8,56	14,22	23,44	15,94
11	Perbaikan SAIFI	kali/plg	1,44	3,78	9,56	5,25

Gambar 5. Laporan Kinerja PMCB yang terpasang

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis kerja PMCB pada PLN Area Depok dapat disimpulkan :

- Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap PMCB, PMCB telah memenuhi standard IEC 62271-1 (High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications), dengan hasil sebagai berikut :
 - Pengujian bentuk gelombang impuls pada waktu muka polaritas positif = 0,985 μ s, polaritas negatif = 0,945 μ s dengan nilai refrensi 0,84 – 1,56 μ s, sedangkan waktu ekor nilai hasil pengujian polaritas positif 46,54 μ s, polaritas negatif 46,66 μ s dengan nilai refrensi 40 – 60 μ s, dan over-shoot

- masing-masing polaritas < 5% dengan nilai referensi < 5%.
- b. Pengujian tegangan impuls petir dengan tegangan uji 125 kV, hasil yang didapat dari keseluruhan kondisi uji (9) jumlah yang tembus pada polaritas positif dan negatif masing-masing 0 dengan jumlah maksimal 2.
 - c. Pada pengujian kenaikan temperatur PMCB dialiri arus sebesar 400 A selama 6 jam, pada sambungan dengan bahan tembaga (Cu) kenaikan rata-rata suhu 19,98 K dengan nilai referensi ≤ 50 K, pada terminal untuk koneksi ke konduktor eksternal dengan bahan tembaga (Cu) kenaikan rata-rata suhu 29,4 K dengan nilai referensi ≤ 50 K, pada casing PMCB kenaikan rata-rata suhu 5,95 K dengan nilai referensi ≤ 40 K, dan Isolasi atau bagian logam yang terhubung dengan isolasi kenaikan suhu 4,2 K dengan nilai referensi ≤ 65 K.
2. Dari hasil pengujian fasa trip PMCB akan bekerja dengan kondisi sebagai berikut :
- a. Jika mendapat arus gangguan 200% dari nilai setting, maka akan *open* dengan waktu selama 25.2 ms pada operasi trip pertama dan akan *open* selama 761 ms pada operasi tip kedua dan ketiga.
 - b. Jika mendapat arus gangguan sebesar 300% dari nilai setting PMCB akan *open* selama 12.8 ms pada operasi trip pertama, dan 200 ms pada operasi trip kedua dan ketiga.
 - c. Jika mendapat arus gangguan sebesar 400% dari nilai setting PMCB akan *open* selama 11.6 ms pada operasi trip pertama, dan 134 ms pada operasi trip kedua dan ketiga.
 - d. mendapat arus gangguan sebesar 500% dari nilai setting PMCB akan *open* selama 4 ms pada operasi trip pertama, dan 741 ms pada operasi trip kedua dan ketiga.
- Dari hasil pengujian ground trip PMCB akan bekerja dengan kondisi sebagai berikut :
- a. Jika mendapat arus gangguan 200% dari nilai setting, maka akan *open* dengan waktu selama 17.8 ms pada operasi trip pertama dan akan *open* selama 65.4 ms pada operasi tip kedua dan ketiga.
 - b. Jika mendapat arus gangguan sebesar 300% dari nilai setting PMCB akan *open* selama 2.3 ms pada operasi trip pertama, dan 27.5 ms pada operasi trip kedua dan ketiga.
 - c. Jika mendapat arus gangguan sebesar 400% dari nilai setting PMCB akan *open* selama 2 ms pada operasi trip pertama, dan 21.5 ms pada operasi trip kedua dan ketiga.
 - d. mendapat arus gangguan sebesar 500% dari nilai setting PMCB akan *open* selama 1.3 ms pada operasi trip pertama, dan 19.3 ms pada operasi trip kedua dan ketiga.
- Dari hasil pengujian tersebut PMCB akan trip semakin cepat jika mendapatkan arus gangguan yang semakin besar (karena berdasarkan oleh karakteristik reclosenya yang berupa eksponensial).
3. Pada hasil pengujian fasa trip terdapat perbedaan waktu pemutus yang sebenarnya dengan kurva arus waktu (nilai referensi), dengan data sebagai berikut :
- a. Pada arus gangguan 200% dari nilai setting, pada operasi trip pertama selisih waktu yang didapat 8.8 ms (1.3 kali lebih cepat dibanding nilai referensi), dan pada operasi tip kedua dan ketiga selisih waktu yang didapat 49 ms (1.6 kali lebih cepat dari nilai referensi).
 - b. Pada arus gangguan 300% dari nilai setting, pada operasi trip pertama selisih waktu yang didapat 2.2 ms (1.2 kali lebih cepat dibanding nilai referensi), dan pada operasi tip kedua dan ketiga selisih waktu yang didapat 27 ms (2.3 kali lebih cepat dari nilai referensi).
 - c. Pada arus gangguan 400% dari nilai setting, pada operasi trip pertama selisih waktu yang didapat 3.4 ms (1.3 kali lebih cepat dibanding nilai referensi), dan pada operasi tip kedua dan ketiga selisih waktu yang didapat 13 ms (1.9 kali lebih cepat dari nilai referensi).
 - d. Pada arus gangguan 500% dari nilai setting, pada operasi trip pertama selisih waktu yang didapat 11 ms (3.7 kali lebih cepat dibanding nilai referensi), dan pada operasi tip kedua dan ketiga selisih waktu yang didapat 80 ms (2 kali lebih cepat dari nilai referensi).
- Pada hasil pengujian ground trip juga terdapat perbedaan waktu pemutus yang sebenarnya dengan kurva arus waktu (nilai referensi), dengan data sebagai berikut :

- a. Pada arus gangguan 200% dari nilai setting, pada operasi trip pertama selisih waktu yang didapat 27.2 ms (2.5 kali lebih cepat dibanding nilai refrensi), dan pada operasi tip kedua dan ketiga selisih waktu yang didapat 329 ms (6 kali lebih cepat dari nilai refrensi).
- b. Pada arus gangguan 300% dari nilai setting, pada operasi trip pertama selisih waktu yang didapat 15.7 ms (8 kali lebih cepat dibanding nilai refrensi), dan pada operasi tip kedua dan ketiga selisih waktu yang didapat 173 ms (7 kali lebih cepat dari nilai refrensi).
- c. Pada arus gangguan 400% dari nilai setting, pada operasi trip pertama selisih waktu yang didapat 10 ms (6 kali lebih cepat dibanding nilai refrensi), dan pada operasi tip kedua dan ketiga selisih waktu yang didapat 123 ms (7 kali lebih cepat dari nilai refrensi).
- d. Pada arus gangguan 500% dari nilai setting, pada operasi trip pertama selisih waktu yang didapat 11 ms (9 kali lebih cepat dibanding nilai refrensi), dan pada operasi tip kedua dan ketiga selisih waktu yang didapat 106 ms (7 kali lebih cepat dari nilai refrensi).

Hal tersebut diatas membuktikan bahwa PMCB memiliki sensitivitas yang baik yang merupakan salah satu parameter yang harus dipenuhi oleh PMT berdasarkan standar PMT oleh PLN.

4. Pemasangan PMCB pada penyulang Pyramid mampu mengurangi 93% gangguan yang terjadi, dan mengurangi nilai SAIDI 5.6%, dan SAIFI 5.25%.

5.2 Saran

Dari hasil analisis kerja PMCB pada PLN Area Depok menyarankan : ditinjau dari segi suku cadangnya pabrik yang memproduksi komponen PMCB (CT dan VT), sudah tidak memproduksi lagi model yang sama dengan yang dipakai pada saat perakitan PMCB, sehingga jika PMCB tersebut mengalami kerusakan, maka akan mengalami kesulitan dalam mengganti komponennya. Perlu dilakukan MOU dengan pabrik pembuat sehingga menjamin ketersediaan komponen.

Daftar Pustaka

PLN PUSLITBANG. 2017. Dokumen Implementasi Karya Inovasi PMCB. Jakarta.

PLN PUSDIKLAT. 2012. Konstruksi JTM. Jakarta.

PLN PUSDIKLAT. 2015. Pengujian Relay Distribusi. Jakarta.

PLN PUSHARLIS. 2017. Laporan Pembuatan Prototipe PMCB GE. Jakarta.

PLN PUSHARLIS. 2018. Laporan Monitoring Produk Penugasan PLN PUSHARLIS UWP II JAKARTA 2018. Jakarta

PLN APJ Depok. 2017. Laporan KPI Unit Semester I 2017. Depok.

PLN APJ Depok. 2017. Laporan KPI Unit Semester II 2017. Depok.

PLN APJ Depok. 2018. Laporan KPI Unit Semester I 2018. Depok.

PT. PLN (Persero). 2016. SPLN S3.003.: Spesifikasi Motorized Pole Mounted Load Break Switch dan Sistem Kontrol.

PT. PLN (Persero). 2016. SPLN S3.004.: Spesifikasi Pole Mounted Automatic Circuit Recloser dan Sistem Kontrol.

Pandjaitan, B. 2012. *Praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta. Andi

Mohammad Pangeran Alfidin. 2016. PENGARUH SISTEM PENGETANAHAN TERHADAP ARUS GANGGUAN TANAH PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 kV DI PLN PALUR DENGAN MENGGUNAKAN ETAP 12.6. Universitas Muhammadiyah Surakarta.