

**LAPORAN**  
**PRAKTEK LAPANGAN INDUSTRI**  
**PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI TRANSFORMATOR**  
**DAYA 8 150 kV/6,3 kV 30 MVA DENGAN METODE INDEKS**  
**POLARISASI PADA GARDU INDUK PT. SEMEN PADANG**

*Diajukan Untuk Memenuhi Sebagai dari Persyaratan Penyelesaian Pengalaman  
Pengalaman Lapangan Industri (PLI)*



Oleh :

**HAFIDHILMI SIDDIQ**

**19130013**

**PROGRAM STUDI DIV TEKNIK ELEKTRO INDUSTRI**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO**

**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2023/2024**

**HALAMAN PENGESAHAN FAKULTAS**

Laporan Ini Disampaikan untuk Memenuhi Sebagian dari Persyaratan  
Penyelesaian Pengalaman Lapangan Industri FT-UNP

Padang

Semester Januari/Juni 2023

Oleh:

**Hafidhilmi Siddiq**

**19130013**

Progran Studi Teknik Elektro Industri

Jurusan Teknik Elektro

**Diperiksa dan Disahkan Oleh :**

**Dosen Pembimbing**



**Drs. Syamsuarnis, M.Pd.**

**NIP. 195807031985031002**

**~~Attn~~ Dekan FT-UNP**

**Kepala Unit Hubungan Industri**



**Dr. Ali Basrah Pulungan, S.T., M.T.**

**NIP. 197412122003121002**

**HALAMAN PENGESAHAN INDUSTRI**

Laporan Ini Disampaikan untuk Memenuhi Sebagian dari Persyaratan Penyelesaian Pengalaman Lapangan Industri

(Dari Tanggal 20 Februari 2023 – 14 April 2023)

**“PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI TRANSFORMATOR DAYA DENGAN  
METODE INDEKS POLARISASI PADA TRAF0 DAYA 8 150/6,3 kV 30 MVA  
GARDU INDUK PT. SEMEN PADANG”**


Oleh :

**NAMA** : Hafidhilmi Siddiq  
**NO. BP** : 19130013/2019  
**DEPARTEMEN** : Teknik Elektro  
**PROGRAM STUDI** : Teknik Elektro Industri

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing Lapangan

Kepala Urusan Gardu Induk

  
**TRIE RISZKI AULYA S**  
NIP.9114140


  
**MICK DONALD**  
NIP.7798186

Mengesahkan

Kepala Unit WHRPG & Utilitas

Kepala Sie WHRPG

  
**ERICK REZA ALANDRI, ST**  
NIP.7505021

  
**HARRI KURNIAWAN, ST**  
NIP.8714015

*Sejak 1910*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Kerja Praktek ini. Kerja Praktek yang berjudul "Pengujian Tahanan Isolasi Transformator Daya Dengan Metode Indeks Polarisasi Pada Trafo Daya 8 150kV/6,3 kV 30 MVA Gardu Induk PT. Semen Padang". Laporan ini disusun dengan tujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan mata kuliah Kerja Praktek pada Program Studi Teknik Elektro Industri, Departemen Teknik Elektro, Universitas Negeri Padang.

Dalam menyelesaikan Laporan ini, Penulis banyak mendapat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kelancaran dan kemudahan dalam melakukan Kerja Praktek sehingga penulis tetap semangat dalam melaksanakannya.
2. Keluarga tercinta Orang Tua dan saudara penulis yang selalu memberikan do'a, dukungan dan kasih sayang.
3. Bapak Dr. Fahmi Rizal, M. Pd, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Risfendra, S. Pd, M.T, Ph. D selaku Kepala Departemen Teknik Elektro merangkap Kepala Program Studi Teknik Elektro Industri.
5. Bapak Ir. Ali Basrah Pulungan, M.T, selaku Kepala Unit Hubungan Industri Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Hamdani, S. Pd., M. Pd. T, selaku koordinator praktik Lapangan Industri Departemen Teknik Elektro.
7. Bapak Drs. Syamsuarnis, M.Pd selaku dosen pembimbing Pengalaman Lapangan Industri dari pihak Universitas Negeri Padang.
8. Bapak Erick Reza Alandri, ST selaku Kepala Unit WHRPG dan Utilitas PT. Semen Padang.
9. Bapak Harry Kurniawan, ST selaku Kepala Sie WHRPG PT. Semen Padang.

10. Bapak Saptiral dan Bapak Mick Donald, selaku Kepala Urusan Gardu Induk PT. Semen Padang.
11. Keluarga besar Pemeliharaan Distribusi Tenaga Listrik, khususnya Gardu Induk PT. Semen Padang : Bang Trie Rizki, Bang Ismed, Bang Ridwan, Bang Riezalts, Bang Alex, Bang Riski Pale, Bang Refki, Bang Adi, Bang Yoga, Bang Kukuh serta Bang Jefri, yang selalu menjawab pertanyaan- pertanyaan yang Penulis ajukan. Terimakasih atas ilmu yang telah diberikan.
12. Teman-teman selama Kerja Praktek di Gardu Induk PT. Semen Padang (Aisyah, Nike, Yolanda, Said, Rizki, dan Ifwan). Terima kasih atas semua canda tawa dan cerita yang mengisi hari-hari selama Kerja dalam penyusunan Laporan Praktek Kerja Lapangan ini.

Penulis telah berusaha menyelesaikannya dengan sebaik mungkin, akan tetapi Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan Laporan Kerja Praktek ini. Oleh karena itu, Penulis berharap kritik dan saran dari Pembaca untuk menyempurnakan Laporan Kerja Praktek ini. Penulis berharap Laporan Kerja Praktek ini dapat bermanfaat bagi rekan- rekan Mahasiswa dan yang membutuhkan sebagai sarana untuk menambah ilmu pengetahuan dan informasi.

**Padang, 08 Mei 2023**

**Hafidhilmi Siddiq**

**NIM.19130013**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>x</b>
<b>1. BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Pelaksanaan PLI .....	1
1.1.1 Latar Belakang PLI .....	1
1.1.2 Tujuan Pelaksanaan PLI.....	5
1.1.3 Batasan Masalah .....	5
1.1.4 Rumusan Masalah.....	6
1.1.5 Tempat dan Waktu PLI.....	6
1.1.6 Metode Penelitian .....	6
1.1.7 Sistematika Penulisan Laporan .....	6
1.2 Tinjauan Umum Perusahaan .....	8
1.2.1 Sejarah PT. Semen Padang .....	8
1.2.2 Visi Dan Misi PT. Semen Padang.....	10
1.2.3 Struktur Organisasi PT. Semen Padang .....	11
1.2.4 Proses Pembuatan Semen.....	12
1.2.5 Sistem Kelistrikan PT. Semen Padang.....	26
1.3 Pelaksanaan Kegiatan PLI .....	30
1.4 Kendala yang dihadapi.....	31
1.5 Penyelesaian Masalah dari Kendala.....	31
<b>2. BAB II PEMBAHASAN.....</b>	<b>33</b>
2.1 Fasilitas dan Peralatan Gardu Induk PT. Semen Padang.....	33

2.1.1	Transformator Daya .....	33
2.1.2	Current Transformer (CT).....	34
2.1.3	Capasitive Voltage Transformer(CVT).....	34
2.1.4	Pemutus Tenaga (PMT) .....	35
2.1.5	Pemisah (PMS) .....	35
2.1.6	Control Board.....	36
2.1.7	Relay Board.....	36
2.2	Transformator Daya 150/6,3 kV 30 MVA.....	36
2.3	Tahanan Isolasi .....	42
2.3.1	Pengertian Tahanan Isolasi .....	42
2.3.2	Pengujian indeks polaritas pada transformator tenaga...41	
2.3.3	Waktu Pengujian Indeks Polarisasi pada Transformator Daya.....	43
2.3.4	Masalah Dalam Pengujian Tahanan Isolasi .....	46
2.3.5	Solusi Penanganan Permasalahan Pengujian Tahanan Isolasi .....	47
2.3.6	Skema Pengujian Tahanan Isolasi.....	47
2.4	Pembahasan Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Dengan Metode IndeksPolarisasi .....	50
2.4.1	Indeks Polarisasi .....	50
2.4.2	Spesifikasi Transformator .....	50
2.4.3	Hasil Analisis.....	51
<b>3.</b>	<b>BAB III PENUTUP.....</b>	<b>54</b>
3.1	Kesimpulan .....	54
3.2	Saran .....	54
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>55</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>56</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar : 1.1</b> Single Line Diagram PT. Semen Padang .....	4
<b>1.2</b> PT.Semen Padang.....	8
<b>1.3</b> Struktur Organisasi PT.Semen Padang.....	11
<b>1.4</b> Diagram Alir Pembuatan Semen.....	12
<b>1.5</b> Batu Kapur ( <i>lime stone</i> ).....	13
<b>1.6</b> Batu Silika ( <i>silica stone</i> ) .....	13
<b>1.7</b> Tanah Liat ( <i>Clay</i> ) .....	14
<b>1.8</b> Pasir Besi ( <i>iron sand</i> ) .....	14
<b>1.9</b> Feedar .....	15
<b>1.10</b> Rawmill .....	15
<b>1.11</b> Bahan Tercampur .....	15
<b>1.12</b> Diagram Produksi Semen Proses Basah.....	16
<b>1.13</b> Diagram Produksi Semen Proses Kering .....	16
<b>1.14</b> Kiln Indarung II/III.....	17
<b>1.15</b> Silo Klinker Indarung II/III .....	17
<b>1.16</b> Semen Mill Indarung II/III .....	19
<b>1.17</b> Semen Portland Type I .....	19
<b>1.18</b> Semen Portland Type II.....	19
<b>1.19</b> Semen Portland Type III .....	20
<b>1.20</b> Semen Portland Type V.....	21
<b>1.21</b> Semen Portland Pozzolan (PPC) .....	22
<b>1.22</b> Oil Well Cement <sup>25</sup> .....	22
<b>1.23</b> Semen Portland Composit (PCC).....	23
<b>1.24</b> Skema Energi Listrik PLN .....	26



<b>1.25 Skema Energi Listrik Pembangkit Sendiri .....</b>	<b>27</b>
2.1 Foto Trafo Daya 30MVA,150kV/6,3kV .....	30
2.2 Foto Current Transformer.....	31
2.3 Foto Capacitive Voltage Transformer .....	31
2.4 Foto Pemutus Tenaga .....	32
2.5 Pemisah.....	32
2.6 Foto Control Panel.....	33
2.7 Foto Relay Board.....	34
2.8 Kumparan Trafo.....	37
2.9 Bushing.....	39
2.10 Tap Changer Transformator.....	42
2.11 Tangki dan Konservator.....	43
2.12 Sketsa Pengujian Indeks Polarisasi.....	45
2.13 Skema dan Foto Pengujian Tahanan Isolasi.....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel : 2.1 Standar Indeks Polarisasi Trafo Menggunakan IEEE 43-2000.....	45
2.2 Hasil Pengujian Indeks Polarisasi .....	50
2.3 Spesifikasi Transformator .....	51

## DAFTAR LAMPIRAN

1. Surat balasan penerimaan mahasiswa magang.....	56
2. Lembaran catatan konsultasi laporan dengan supervisor.....	57
3. Lembar penilaian kegiatan PLI.....	58
4. Mengamati dan memahami seluruh komponen di Gardu Induk.....	59
5. Mengamati dan memahami seluruh kompoonen di ruang kontrol.....	59
6. Mengamati dan memahami kegunaan panel proteksi dari sisi incomingsekunder transformator daya.....	60
7. Mengukur suhu trafo menggunakan thermal imager.....	60
8. Pengukuran arus berlebih dan tahanan setiap komponen eksternal Gardu Induk.....	61
9. Pengukuran tahanan isolasi pada transformator daya 8.....	61

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Pelaksanaan PLI**

#### 1.1.1 Latar Belakang

Seorang Mahasiswa untuk mencapai sasaran utamanya menjadi seorang sarjana, harus terlebih dahulu dibekali dengan ilmu pengetahuan yang luas dan bermanfaat selama masa perkuliahan. Untuk itu banyak cara yang dapat dilakukan agar seorang mahasiswa memiliki ketajaman pemikirannya terhadap bidang yang dipilihnya, baik dengan belajar di dalam lingkungan universitas maupun di luar lingkungan universitas. Sebagai fasilitator penunjang yang diharapkan dapat membentuk karakter seorang sarjana, Universitas Negeri Padang sebagai universitas tempat penulis belajar, telah mempersiapkan rancangan kurikulum sedemikian rupa agar lulusannya menjadi sumber daya manusia yang siap terjun langsung ke lapangan khususnya ke dalam dunia kerja dan siap pakai sesuai dengan bidang konsentrasi yang diambilnya.

Ilmu pengetahuan tidak hanya dapat dibangun perkuliahan saja, akan tetapi perlu diaplikasikan ke dalam praktik lapangan. Dalam hal ini, Universitas Negeri Padang mempunyai program yang disebut dengan Kerja Praktek. Kerja Praktek yaitu salah satu mata kuliah wajib yang harus diikuti oleh setiap mahasiswa di Universitas Negeri Padang dalam menyelesaikan studinya. Maka dari pada itu dengan melaksanakan Kerja Praktek di dunia industri, mahasiswa dapat melihat dan mengamati secara langsung aplikasi dari teori-teori yang didapati dari bangku kuliah dan bekal dari pratikum di laboratorium. Tentunya pengetahuan yang didapatkan akan semakin lengkap sehingga semakin memantapkan mahasiswa dalam menekuni dan mengembangkan ilmu yang dimilikinya.

Kerja Praktek dilaksanakan di PT.Semen Padang tepatnya di gardu induk PT.Semen Padang . Gardu Induk PT. Semen Padang memperoleh suplai

listrik 150 kV dari Gardu Induk PT. PLN Indarung. Pada GISP ini terdapat sistem double bus dengan tiga unit transformator penurun tegangan 150 kV/6,3 kV. GI PTSP hanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan jaringan listrik.

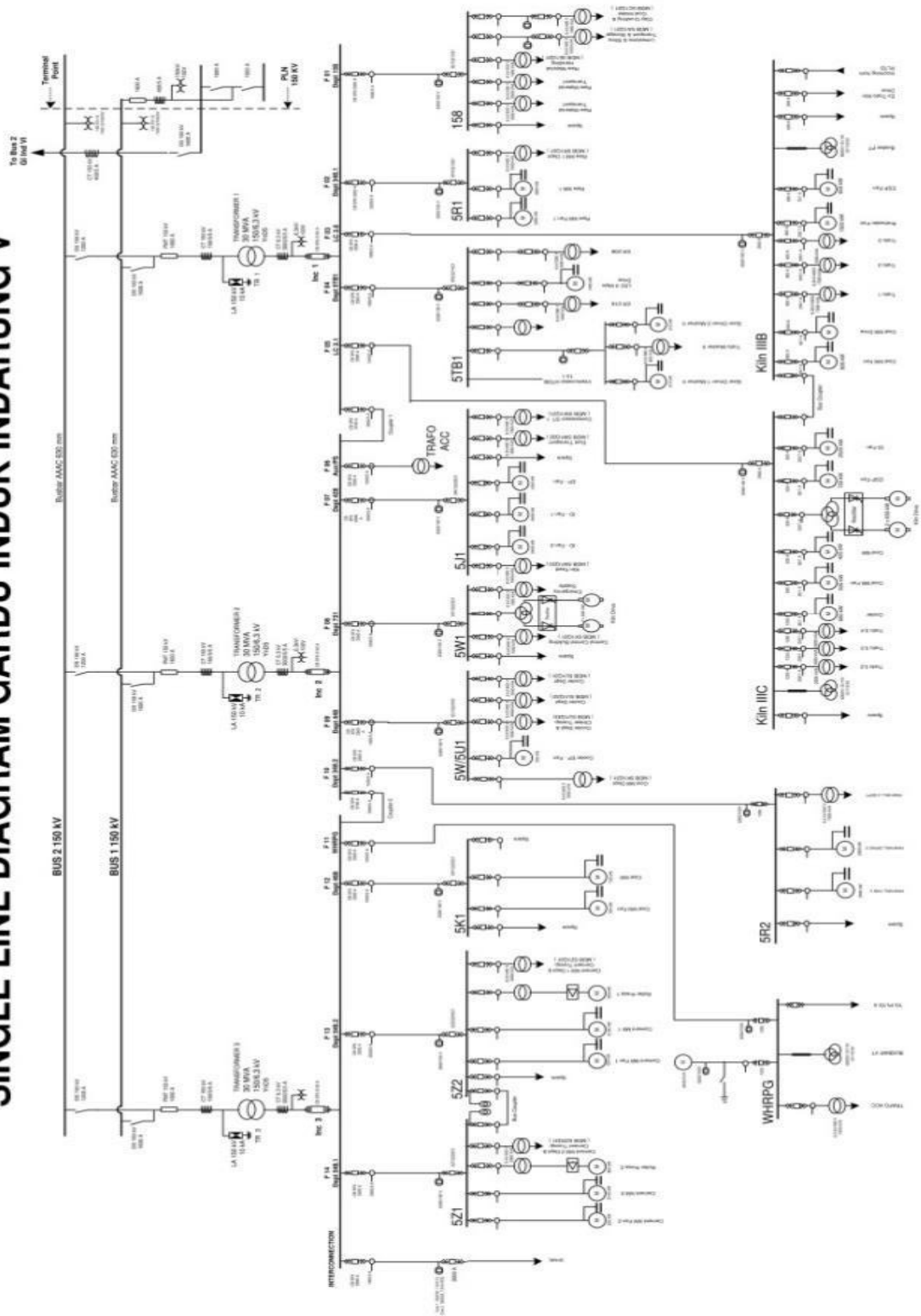
Tenaga listrik Pabrik Indarung V & Kiln VI memiliki sistem kelistrikan yang cukup kompleks dan sangat besar yang terhubung dengan tegangan 150kV dari PLN. Sistem pendistribusian tenaga listrik yang digunakan adalah sistem distribusi radial. Tegangan listrik di distribusikan ke seluruh beban melalui 3 unit trafo daya *step down* 150/6.3 kV dengan kapasitas masing-masing trafo 30/35 MVA (ONAN/ONAF). Sistem distribusi tersebut terintegrasi, daya dari suplai PLN di 150 kV disalurkan ke beban (*substation*) di Pabrik Indarung VI melalui beberapa kabel tanah di 6.3 kV, yaitu meliputi Raw Mill & Coal Mill Dept., Kiln Dept. Dan Cement Mill Dept. Dan tambang. Pengaturan tegangan listrik dilakukan dengan sistem OLTC ( On Load Tap Changer ) secara manual, yang bertujuan untuk menstabilkan tegangan 6,3 kV yang keluar dari sisi sekunder trafo. Selanjutnya, level tegangan diturunkan menjadi level tegangan rendah 0.4 kV untuk melayani beban tegangan rendah. Untuk keamanan, Gardu Induk Semen Padang menggunakan CB High Voltage ( PMT ) dan CB Low Voltage dengan menggunakan SEPAM versi 1000+ dan 2000+ sebagai relay digitalnya. Secara terperinci lihat gambar 1.1.

Gardu induk di PT.Semen Padang memiliki 8 buah transformer. Untuk menjaga kehandalan operasi trafo tenaga diperlukan pemeliharaan yang sesuai prosedur dan dilakukan secara berkala maupun berdasarkan kondisi realtime. Salah satu bagian yang paling penting dari transformator daya adalah sistem isolasinya. Isolasi trafo berfungsi untuk memisahkan dua bagian yang bertegangan. Seiring dengan usia pengoperasiannya kondisi isolasi transformator dapat mengalami pemburukan. Pemburukan isolasi dapat menyebabkan kegagalan operasi dan kerusakan pada transformator. Hal ini dapat di sebabkan oleh beberapa faktor seperti tegangan lebih, kelembaban, suhu operasi yang tinggi maupun kerusakan mekanis.


Untuk mencegah kegagalan transformator saat beroperasi, beberapa pengujian penting lebih sering dilibatkan untuk menentukan status kondisinya, sehingga kegagalan operasi dapat dihindarkan sebelum terjadi kerusakan pada transformator. Salah satu metode pengujian untuk mengetahui proses pemburukan isolasi termasuk pengujian tahanan isolasi belitan, ratio tegangan, tangen delta (faktor disipasi), dan pengujian minyak BDV (break down voltage).

Dalam penelitian ini penulis akan melakukan analisis terhadap hasil pengujian tahanan isolasi dengan metode indeks polarisasi pada transformator daya di Gardu Induk PT. Semen Padang untuk mengetahui kondisi isolasi transformator apakah masih layak untuk beroperasi.

# SINGLE LINE DIAGRAM GARDU INDUK INDRARUNG V



Gambar 1.1 Single Line Diagram Gardu Induk Indarung 5 PT. Semen Padang  
(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

	NAMA GAMBAR	GISP-IND.V
	Tanggal Revisi :	
	3. 02-02-2019	rdh
	2. 02-11-2009	ARIKAK
	1. 12-01-2006	

## 1.1.2 Tujuan Pelaksanaan PLI

Pengalaman Lapangan Industri (PLI) yang dilakukan oleh Universitas Negeri Padang memiliki tujuan yaitu:

### 1.1.2.1 Tujuan Umum :

- 1.1.2.1.1 Merupakan suatu sarana bagi mahasiswa untuk mengaplikasikan ilmu yang diperoleh di perkuliahan.
- 1.1.2.1.2 Menambah wawasan dan pengetahuan tentang dunia kerja dengan memperhatikan, mempelajari, dan memahami proses kerja dan aturan-aturannya.
- 1.1.2.1.3 Meningkatkan keterampilan dan kreatifitas mahasiswa melalui keterlibatan langsung dalam kegiatan permasalahan.

### 1.1.2.2 Tujuan Khusus

- 1.1.2.2.1 Mengetahui proses kerja pembuatan semen pada PT. Semen Padang secara umum.
- 1.1.2.2.2 Mengetahui sistem kelistrikan di PT. Semen Padang.
- 1.1.2.2.3 Mengetahui mekanisme dan prinsip kerja Aplikasi Pfister untuk pengukuran dan pengumpan fine coal di Kiln Coal Mill Indarung II/IIPT. Semen Padang.
- 1.1.2.2.4 Sebagai persyaratan mata kuliah wajib jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

## 1.1.3 Batasan Masalah

Untuk memudahkan dalam menyelesaikan laporan kerja praktek maka penulis membatasi masalah sebagai berikut:

- 1.1.3.1 Hanya membahas pengujian tahanan isolasi pada Transformator 8 di Gardu Induk PT. Semen Padang.
- 1.1.3.2 Hanya menggunakan metode pengukuran indeks polarisasi.



#### **1.1.4 Rumusan Masalah**

Berdasarkan batasan masalah diatas maka penulis merumuskan permasalahan pada laporan ini yaitu bagaimana “*pengujian tahanan isolasi pada Transformator 8 150 kV/6.3 kV di Gardu Induk PT Semen Padang*”.

#### **1.1.5 Tempat dan Waktu Pelaksanaan Pengalaman Lapangan Industri**

Tanggal : 20 Februari 2023 s/d 14 April 2023

Tempat : Gardu Induk, PT.Semen Padang .

Alamat : Komp PT.Semen Padang Indarung, kel. Indarung, Kec.  
Lubuk Kilangan, Kota Padang, Sumatera Barat.

#### **1.1.6 Metode Penulisan**

Metodologi yang digunakan dalam penulisan laporan Pengalaman Lapangan Industri (PLI) ini adalah:

1.1.6.1 Studi literatur,yaitu dengan melakukan pembelajaran dari buku-buku ataupun instruksi manual terkait masalah yang dibahas.

1.1.6.2 Tinjauan lapangan, yaitu pengamatan dan pengambilan data terhadap objek yang diteliti.

1.1.6.3 Diskusi.

1.1.6.4 Pembahasan.

1.1.6.5 Menyimpulkan hasil pembahasan dan penyelesaian akhir.

#### **1.1.7 Sistematika Penulisan Laporan**

Untuk mempermudah penulisan laporan ini, maka penulis membuat suatu sistematika pembahasan yang merupakan urutan dari pembahasan laporan.

Bab I      Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang pelaksanaan Pengalaman Lapangan Industri, tujuan pelaksanaan, batasan masalah, rumusan masalah, tempat dan waktu pelaksanaan PLI, metode penulisan dan sistematika penulisan, deskripsi tentang perusahaan/industri tempat pelaksanaan PLI, pelaksanaan kegiatan PLI, kendala yang dihadapi, penyelesaian masalah dari kendala

**Bab II      Pembahasan Topik**

Berisikan deskripsi tentang uji tahanan isolasi pada transformator 8 di Gardu Induk PT.Semen Padang.

**Bab III      Penutup**

Berisi kesimpulan dan saran dari penulis

## 1.2 Tinjauan Umum PT. Semen Padang

### 1.2.1 Sejarah Singkat PT. Semen Padang

Pada tahun 1896 seorang perwira Belanda yang berkebangsaan Jerman yang bernama Ir. Carl Christophus Lau tertarik dengan batu-batuan yang ada di Bukit Karang Putih dan Bukit Ngalau. Batu-batuan itu dikirim ke negeri Belanda dan hasil penelitian menunjukkan bahwa batu-batuan tersebut dapat dijadikan bahan baku semen. Pada tanggal 25 Januari 1907 Ir. Carl Christophus Lau mengajukan permohonan kepada Hindia Belanda untuk mendirikan pabrik semen di Indarung pada tanggal 16 Agustus 1907 permohonan di setujui.



Gambar 1.2 PT. Semen Padang  
(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

Untuk melanjutkan usahanya, Lau menghimpun kerja sama dengan beberapa perusahaan seperti Fa. Gebroeders Veth, Fa. Dunlop, Fa. Yarman & Soon serta pihak swasta lainnya, sehingga pada tanggal 18 Maret 1910 berdirilah NV Nederlandsch Indische Portland Cement Maatschappij (NVNIPCM) dengan akte notaris Johannes Piede Smidth di Amsterdam sebagai pabrik semen tertua di Indonesia. Pabrik yang berlokasi lebih kurang 15 Km dari pusat kota Padang ini mulai memproduksi pada tahun 1913 dengan kapasitas 22.900 ton pertahun dan pada tahun 1939 pernah mencapai produksi tertinggi 172.000 ton.

Periode selanjutnya, ketika Jepang menguasai Indonesia tahun 1942 sampai 1945 pabrik semen ini diambil alih oleh Manajemen Asano Cement

Jepang. Ketika proklamasi kemerdekaan pada tahun 1945, pabrik ini diambil alih oleh karyawan Indonesia dan selanjutnya diserahkan kepada pemerintah Republik Indonesia dengan nama Kilang Semen Indarung.

Pada Agresi Militer Belanda I tahun 1947, Belanda kembali masuk ke wilayah Indonesia dengan membonceng tentara sekutu. Selanjutnya pabrik kembali direbut oleh Belanda dan namanya diganti menjadi NV Padang Portland Cement Maatschappij. Pada tahun 1957 hubungan Indonesia-Belanda semakin memburuk karena Belanda tidak mau menyerahkan Irian Barat kepada Indonesia. Akhirnya pemerintah menasionalisasikan seluruh perusahaan Belanda di Indonesia termasuk pabrik Semen Padang. Perusahaan ini dinasionalisasikan dan serah terimanya dilakukan pada tanggal 5 Juli 1958 antara Hoofadmistratur NVPPCM IR Van Der Laand kepada Ir. J. Sadiman mewakili pemerintah Indonesia berdasarkan Undang- undang No. 86 tahun 1958 dan peraturan pemerintah No. 50 tahun 1958.

Penguasaan dan penyelenggaraan perusahaan-perusahaan yang terkena nasionalisasi dilakukan oleh suatu badan yang dibentuk berdasarkan Undang-undang yang ada. Di lingkungan perindustrian dan pertambangan, dibentuk Badan Penguasaan dan Penyelenggaraan Industri dan Tambang (BAPPIT). Pada tahun 1959 produksi tercatat 125.000 ton. Berdasarkan Undang-undang No. 19 tahun 1960 dan Peraturan Negara (PN) No. 135 tahun 1961 maka perusahaan dirubah menjadi Perusahaan Negara (PN) Semen Padang yang mulai berlaku sejak tanggal 1 April 1961. Lalu pada 17 Februari 1971 sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 7 tahun 1971, PN Semen Padang dirubah lagi statusnya menjadi Perseroan Terbatas (PT) berdasarkan Akta No. 5 tanggal 4 Juli 1972 yang dibuat di hadapan Notaris Julian Nomrod Siregar Gelar Mangaraja Namora Sh, Notaris di Jakarta dengan pemilikan saham seluruhnya oleh Pemerintah Republik Indonesia.

Perkembangan selanjutnya, perusahaan melakukan peningkatan kapasitas produksi dengan optimalisasi Indarung I dan Pembangunan pabrik baru Indarung II, IIIA, IIIB, IIIC, maka terhitung mulai tanggal 1 Januari 1994 kapasitas terpasang meningkat menjadi 3.720.000 ton semen pertahun. Pabrik Indarung I sebagai pabrik tertua yang menggunakan proses basah sekarang

tidak dioperasikan lagi mengingat efisiensi dan langkanya suku cadangan peralatannya, akan tetapi masih tetap dirawat dengan baik. Pabrik Indarung II mulai dibangun pada tahun 1977 dan selesai pada tahun 1980. Setelah itu berturut-turut dibangun Pabrik Indarung III A (1981-1983) dan Indarung III B (selesainya tahun 1987). Pabrik Indarung III C dibangun oleh PT. Semen Padang pada tahun 1994.

Kemudian dalam perkembangannya, Pabrik Indarung III A akhirnya dinamakan dengan Pabrik Indarung III sedangkan Pabrik Indarung III B dan III C yang menggunakan satu Kiln yang sama diberi nama Pabrik Indarung IV. Dengan diresmikannya Pabrik Indarung V pada tanggal 16 Desember 1998, maka kapasitas produksi meningkat menjadi 5.570.000 ton semen per tahun.

Pada bulan Februari 2017, Pabrik Indarung VI juga sudah mulai beroperasi. Dengan adanya Pabrik Indarung VI ini diharapkan dapat membantu meningkatkan produksi semen dari PT. Semen Padang. Berdasarkan surat Menteri Keuangan Republik Indonesia No. S-326/ MK. 016/ 1995 tanggal 5 Juni 1995, pemerintah melakukan konsolidasi atas tiga buah pabrik semen milik pemerintah PT. Semen Padang, PT. Semen Gresik dan PT. Semen Tonasa yang terealisasi tanggal 15 September 1995.

### 1.2.2 Visi dan Misi PT. Semen Padang

PT. Semen Padang sebagai Badan Usaha Milik Negara (BUMN) mempunyai visi dan misi sebagai berikut :

Visi :

“Menjadi perusahaan persemenan yang andal, unggul dan berwawasan lingkungan di Indonesia bagian barat dan Asia Tenggara.”

Misi :

1.2.2.1 Memproduksi dan memperdagangkan semen serta produk terkait lainnya yang berorientasi kepada kepuasan pelanggan.

1.2.2.2 Mengembangkan SDM yang kompeten, profesional dan berintegritas tinggi.

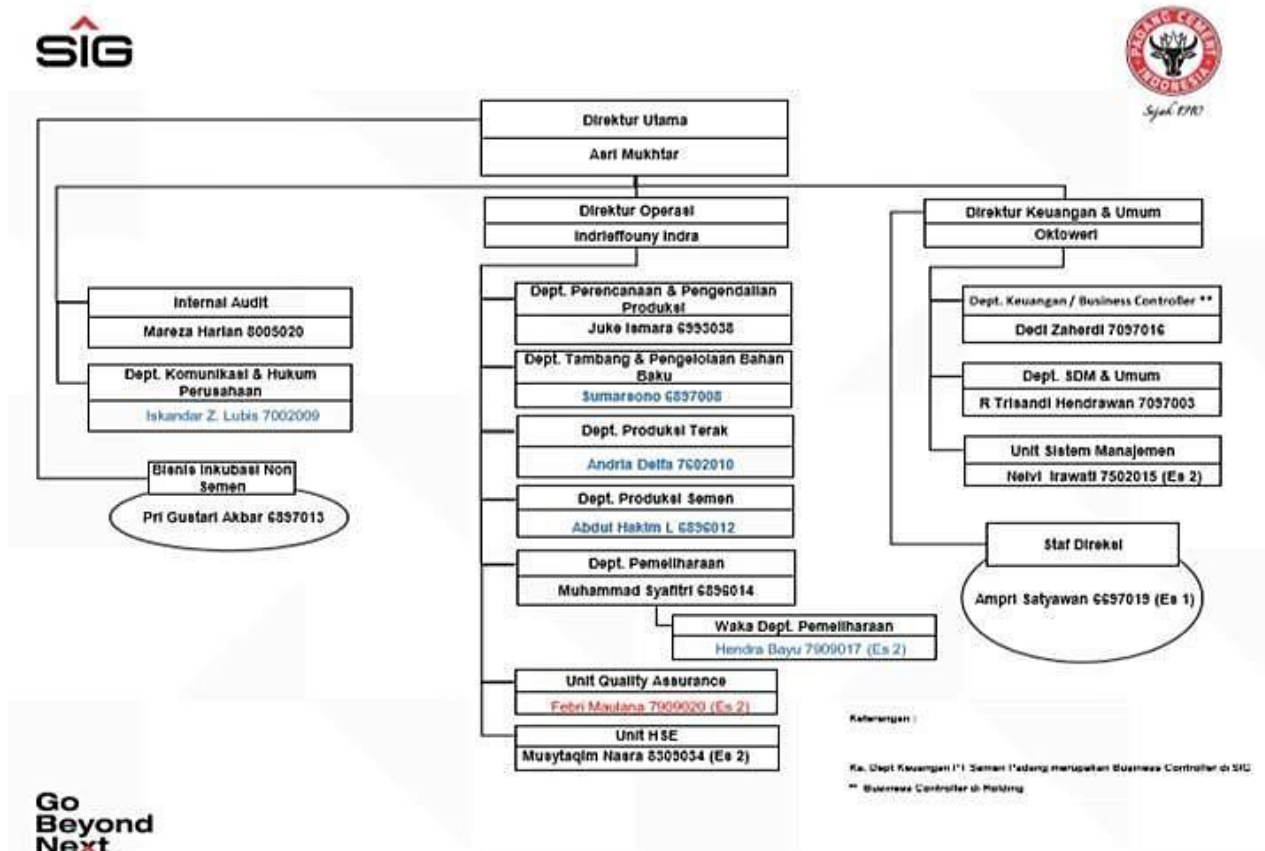
1.2.2.3 Meningkatkan kemampuan rekayasa dan engineering untuk mengembangkan industri semen nasional.

1.2.2.4 Memperdayakan, mengembangkan dan mensinergikan sumber daya perusahaan yang berwawasan dan lingkungan.

1.2.2.5 Meningkatkan nilai perusahaan secara berkelanjutan dan memberikan yang terbaik kepada stakeholder.

### 1.2.3 Struktur Organisasi PT. Semen Padang

Struktur Organisasi mempunyai peranan yang penting dalam perusahaan karena menggambarkan adanya pembagian pekerjaan sebagai penjabaran tugas sehingga setiap orang dalam organisasi bertanggung jawab untuk melakukan tugas tertentu dan menguasai bidangnya sendiri. Struktur organisasi PT. Semen Padang sering mengalami perubahan sesuai dengan tuntutan perkembangan dan kemajuan perusahaan.



Gambar 1.3 Struktur Organisasi PT.Semen Padang

(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

### 1.2.1 Proses Pembuatan Semen

Semen adalah suatu zat perekat hidrolik dimana senyawa-senyawa yang dikandungnya akan mempunyai daya rekat terhadap batuan jika semen tersebut sudah bereaksi dengan air. Sifat perekat hidrolik tersebut akan menyebabkan semen bersifat:

1.2.1.1 Tidak dapat segera mengeras bila tercampur dengan air.

1.2.1.2 Larut dalam air.

1.2.1.3 Dapat mengeras walaupun berada dalam air.

1.2.1.4 Bahan mentah ini diteliti di laboratorium, kemudian dicampur dengan proporsi yang tepat dan dimulai tahap penggilingan awal bahan mentah dengan mesin penghancur sehingga berbentuk serbuk.

1.2.1.5 Tahap penambangan bahan mentah (quarry). Bahan dasar semen adalah batu kapur, tanah liat, pasir besi dan pasir silica. Bahan-bahan ini ditambang dengan menggunakan alat-alat berat kemudian dikirim ke pabrik semen.

1.2.1.6 Bahan kemudian dipanaskan di preheater Pemanasan dilanjutkan di dalam kiln sehingga bereaksi membentuk kristal klinker.

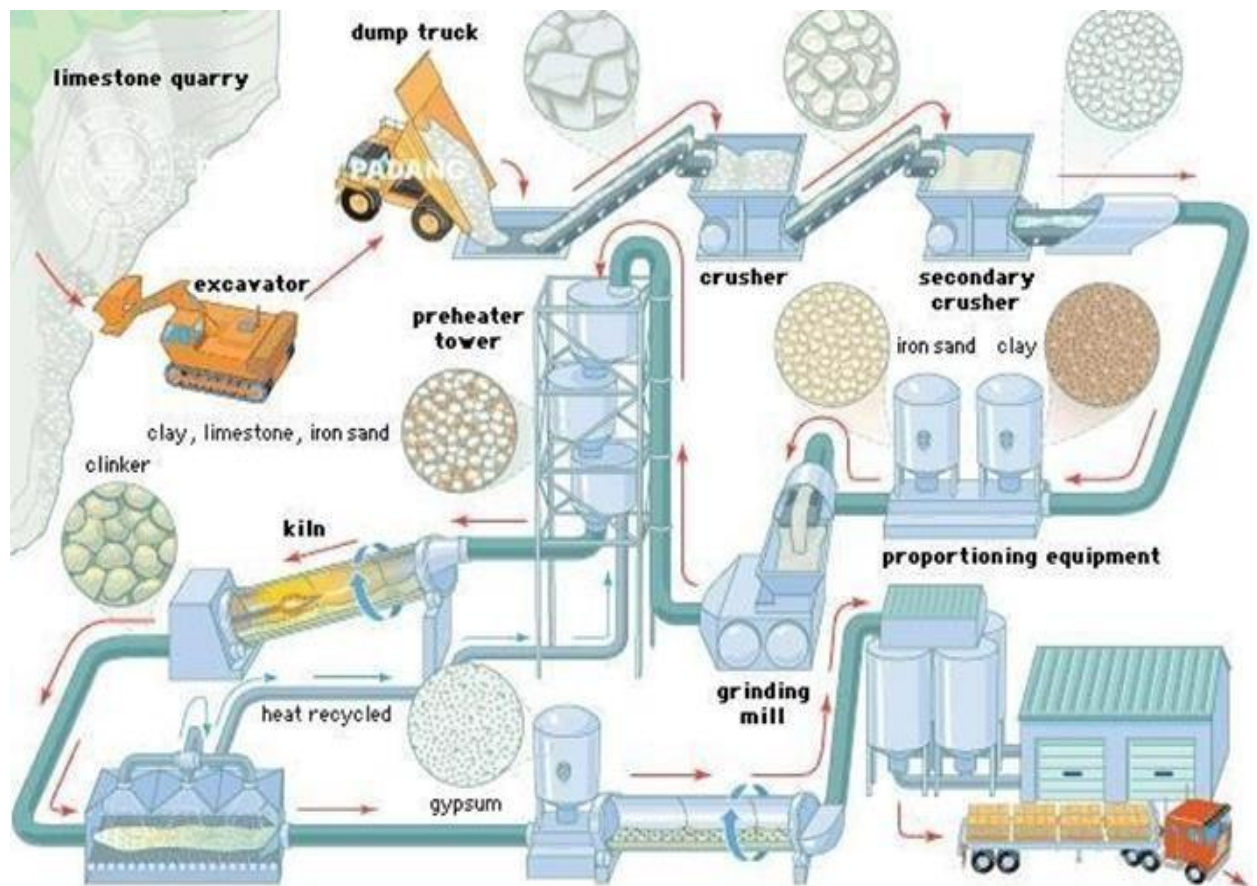
1.2.1.7 Kristal klinker ini kemudian didinginkan di cooler dengan bantuan angin. Panas dari proses pendinginan ini di alirkan lagi ke preheater untuk menghemat energi.

1.2.1.8 Klinker ini kemudian dihaluskan lagi dalam tabung yang berputar yang bersisi bola-bola baja sehingga menjadi serbuk semen yang halus.

1.2.1.9 Klinker yang telah halus ini disimpan dalam silo (tempat penampungan semen mirip tangki minyak Pertamina).

1.2.1.10 Dari silo ini semen dipak dan dijual ke konsumen

Secara umum proses produksi sistem kering semen terdiri dari beberapa tahapan :



Gambar 1.4 Digram Alir Pembuatan Semen

(Sumber : <http://www.semenpadang.co.id/index.php?mod=profil&id=1>)



## Tahap Proses Pembuatan Semen Material Dasar Semen

Ada beberapa material dasar semen yaitu :

### 1.2.4.2.1 Batu kapur

(limestone)= $\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3=80\%$ . Batu kapur merupakan sumber Kalsium Oksida ( $\text{CaO}$ ) dan Kalium Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Batu kapur ini diambil dari penambang di bukit Karang Putih.



Gambar 1.5 Batu Kapur (lime stone)

(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

### 1.2.4.2.1 Batu Silika (silica stone)= $\text{SiO}_2, \text{CaCO}_3, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{FeO}_2=8\%$ .

Material ini merupakan sumber Silikon Dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) dan AlumuniumTrioksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Material ini ditambang di Bukit Ngalau.



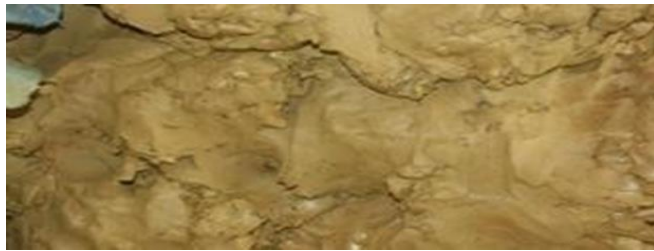
Gambar 1.6 Batu Silika (silica stone)

(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

### 1.2.4.2.1 Tanah Liat (Clay) = $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{CaCO}_3, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3=10\%$ .

Tanah liat merupakan sumber Alumunium Trioksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dan IronDioksida. Ditambah di sekitar pabrik (Bukit Atas) pengambilan.

Kebutuhannya sekitar 9 – 10 % dari total kebutuhan bahan mentah.



Gambar 1.7 Tanah Liat (Clay)

(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

1.2.4.2.1 Pasir Besi (iron sand) =  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$   
=2%. Pasir besi mempunyai utama berupa  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Oksida Besi), yang kebutuhannya  
hanyalah sekitar 1 – 2 % dari total kebutuhan  
bahan mentah.



Gambar 1.8 Pasir Besi (iron sand)

(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

Pencampuran dan penggilingan bahan mentah semen, pada tahap ini bahan baku yang telah dipersiapkan dalam komposisi yang cocok, digiling sampai mencapai kehalusan tertentu. Proses ini dilakukan di dalam raw mill atau tromol tanah. Fungsi Raw Mill yaitu :

### 1.2.4.3 Menggiling bahan mentah.

1.2.4.3.1 Proses Blending (pencampuran awal).

1.2.4.3.2 Proses pengeringan Raw Mill

1.2.4.3.3 Proses Homogenitas Raw Mix.

Sebelum bahan digiling di Raw Mill, seluruh bahan diambil dari tempat penampungan (storage) dan kemudian dikirim ke hopper masing-masing bahan. Bahan yang ditampung di hopper bisa dikatakan merupakan bahan yang akan di olah oleh Raw Mill. Setelah ditampung di hopper, bahan siap untuk dicampur. Proses pencampuran bahan ini berlangsung pada feeder. Feeder berfungsi untuk mengatur komposisi dari bahan-bahan, setiap bahan memiliki feeder masing-masing dengan pengaturan jumlah bahan berbeda-beda.



Gambar 1.9 Feeder

(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

Setelah bahan dicampur oleh feeder, bahan akan dikirim ke Raw Mill melalui belt conveyor.



Gambar 1.10 Raw Mill

(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

siap untuk dicampur. Proses pencampuran bahan ini berlangsung pada feeder. Feeder berfungsi untuk mengatur komposisi dari bahan-bahan, setiap bahan memiliki feeder masing-masing dengan pengaturan jumlah bahan berbeda-beda.



Gambar 1.11 Feeder

(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

Setelah bahan dicampur oleh feeder, bahan akan dikirim ke Raw Mill melalui belt conveyor.



Gambar 1.12 Raw Mill

(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)



Gambar 1.13 Bahan Tercampur

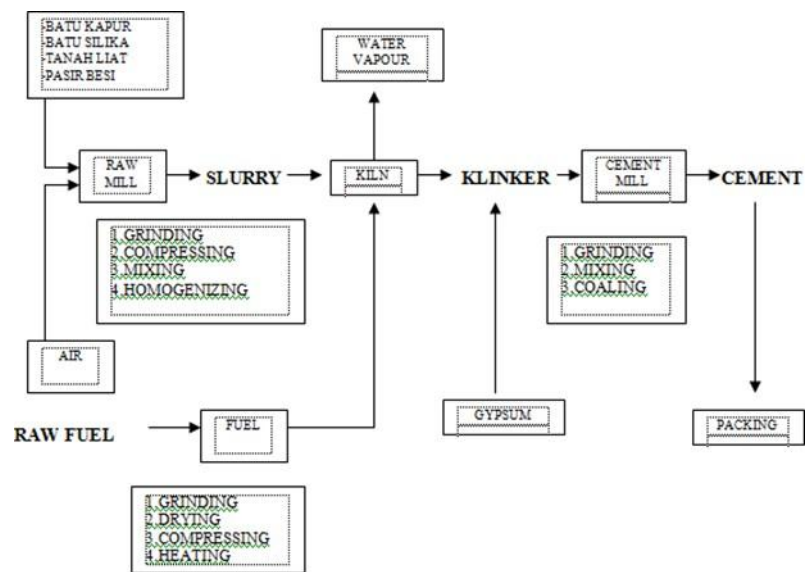
(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

Cara penggilingan ini ada dua yaitu proses basah dan proses kering. Hal ini yang membedakan pembuatan semen proses basah dan proses kering.

#### 1.2.4.4 Penggilingan Basah

Campuran bahan mentah digiling dalam raw mill dengan menambahkan air dalam jumlah tertentu, biasanya 30% - 40%. Penggilingan dilakukan di dalam raw mill dimana di dalamnya terdapat grinding media, yaitu berupa bola-bola baja berdiameter 30 – 90 mm. Mill tersebut berputar, maka terjadilah pukulan antara grinding media. Campuran bahan mentah yang telah menjadi cairan keluar dari raw mill ini disebut slurry. Agar slurry yang dihasilkan lebih homogen maka padanya dilakukan proses homogeneizing yaitu mengaduknya secara mekanik atau menggunakan udara tekan di dalam bak penampungan.

Berikut ini adalah diagram Proses Basah ( Wet Process ) :



Gambar 1.14 Diagram Produksi Semen Proses Basah

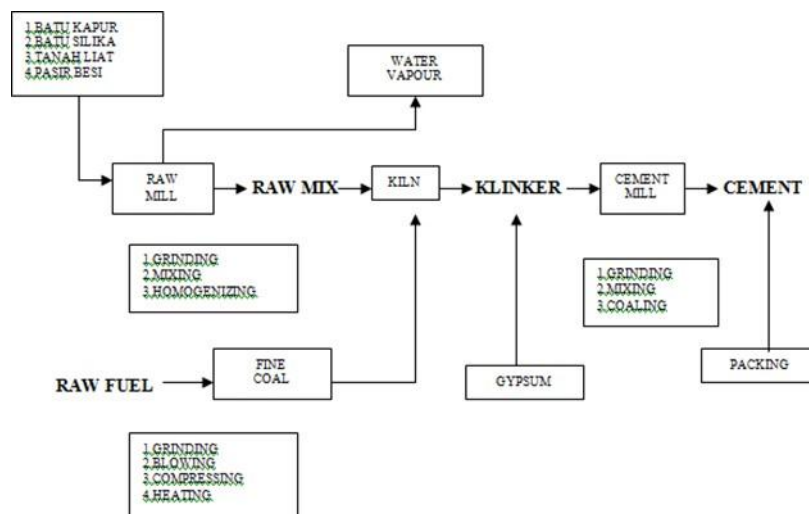
(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

#### 1.2.4.5 Penggilingan Kering

Pada proses ini material yang akan digiling dikeringkan terlebih dahulu sampai material mengandung kadar air maksimum yang diizinkan. Pengeringan dapat dilakukan sebelum penggilingan. Proses ini disebut

drying and grinding. Cara pengeringan yang lain adalah pengeringan yang dilakukan sambil penggilingan bahan mentah yang disebut drying during grinding. Untuk mengeringkan material dipakai gas panas yang keluar dari kiln, gas buang dari mesin diesel, atau gas panas dari alat yang disebut hot air generation. Campuran bahan mentah yang sebelumnya mengandung air 6 – 11% setelah penggilingan kadar airnya menjadi 0.8%. Material bubuk hasil penggilingan ini lazim disebut raw meal (raw mix).

Berikut ini adalah diagram Proses kering ( Dry Process ) :



Gambar 1.15 Diagram Produksi Semen Proses Kering

(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

#### 1.2.4.6 Pembakaran

Setelah melewati Raw Mill, selanjutnya dilakukan pembakaran terhadap material. Tujuan utama proses pembakaran ini adalah untuk menghasilkan reaksi kimia dan pembentukan senyawa diantara oksida oksida yang terdapat pada bahan mentah. Pembakaran ini dilakukan sampai mencapai suhu maksimum 1400<sup>0</sup>C. Pada proses pembakaran ini terjadi beberapa proses , yaitu:

- 1.2.4.6.1 Pengeringan ( untuk proses basah )
- 1.2.4.6.2 Pemanasan pendahuluan (pre heating)
- 1.2.4.6.3 Kalsinasi (calcination)
- 1.2.4.6.4 Pemijaran (sintering)

#### 1.2.4.6.5 Pendinginan(cooling)

Proses pembakaran dilakukan dalam sebuah alat yang disebut kiln. Kiln ini berbentuk silinder dengan diameter mencapai 5 m dan panjang sampai 80 m dengan kemiringan  $3^{\circ}$ .



Gambar 1.16 Kiln  
(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

Kiln ini berotasi sebesar 3 rpm selama pembakaran agar material terbakar merata, bahan bakar untuk pembakaran ini adalah batu bara yang dijadikan serbuk (Fine Coal), di dalam kiln dilapisi oleh batu tahan api (fire brick) untuk menjaga temperatur di dalam kiln konstan  $1400^{\circ}\text{C}$ . Raw mix atau slurry yang telah mengalami pemijaran di dalam kiln selanjutnya didinginkan di dalam gratecooler, material yang keluar dari grate cooler ini disebut klinker dengan temperatur mencapai  $1400^{\circ}\text{C}$  dan klinker yang halus jatuh kedalam debudged conveyor (DBC), karena didalam grate cooler terdapat grate plat yang digerakkan dengan motor dan juga terdapat lobang-lobang kecil yang dapat dilalui oleh klinker yang kecil, sedangkan klinker yang kasar langsung ke crusher dan dihancurkan lagi baru bergabung dengan klinker yang halus dengan menggunakan screw conveyor. Klinker yang sudah halus ditransportasikan ke CF Silo klinker.



Gambar 1.17 Silo klinker

(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

#### 1.2.4.7 Penggilingan Semen

Pada tahap ini klinker yang telah didinginkan di dalam silo diumpankan bersama Gypsum ke dalam cement mill. Di dalam alat ini, klinker yang berukuran 1 – 40 mm<sup>3</sup> digiling bersama gypsum sampai mencapai kehalusan tertentu dengan menggunakan grinding media dari bola-bola baja.



Gambar 1.18 Semen Mill

(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

Semen yang dihasilkan selanjutnya disimpan dalam silo semen untuk siap dikantongkan atau ditransportasikan. Mutu dan pengontrolan kualitas dilakukan di laboratorium dengan analisa sinar X (X ray) dengan menggunakan computer quality control.

#### 1.2.4.8 Proses Pengantongan

Sistem pengantongan untuk semen kantong sack diawali dengan pengambilan semen dari silo semen. Semen melewati Pneumatic Valve di bottom silo masuk ke air slide dan diteruskan ke Bucket Elevator. Dari



elevator semen diteruskan ke control screen (trommel screen) untuk dipisahkan dari material asing atau gumpalan semen. Semen yang halus masuk ke Feed Tank.

Feed Tank dilengkapi dengan Nivopilot dan level indikator untuk menjaga agar isi dalam feed tank selalu terkontrol. Jika feed tank terisi penuh maka pneumatic valve akan menutup secara otomatis. Dan jika feed tank mencapai level minimum maka pneumatic valve kembali membuka. Semen dari feed dan akan diteruskan ke packer tank dan masuk ke kantong dengan dorongan udara tekan dan sistem penimbangan mekanis.

#### 1.2.4.9 Produk-produk Semen yang dihasilkan

##### 1.2.4.9.1 Portland Cement

Semen Portland ini ada lima tipe dengan spesifikasi tersendiri yaitu: Semen Portland tipe I



Gambar 1.19 Semen Portland tipe I  
(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

Standar:

- Standar Nasional Indonesia: SNI 15-2049-1994
- American Society for Testing and Materials: ASTM C 150-95
- British Standard: BS 12 : 1989
- Japanese Industrial Standard : JIS R-5210

Spesifikasi untuk pemakaian umum seperti bangunan yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti rumah pemukiman, gedung-gedung sekolah dan perkantoran, bangunan pabrik dan gedung bertingkat, dan lain-lain.

### 1.2.4.9.2 Semen Portland tipe II



Gambar 1.20 Semen Portland tipe II  
(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)  
Standar :

- Standar Nasional Indonesia : SNI 15-2049-1994
- American Society for Testing and Materials : ATSMC 150-95

Spesifikasi untuk konstruksi dengan ketahanan sulfat sedang ( 0,1-0,2% ) dengan kadar C<sub>3</sub>A kurang dari 8%, misalnya untuk bangunan di tepi laut, bangunan di bekastanah rawa, saluran irigasi beton masa untuk dam-dam dan landasan jembatan serta bangunan pengolahan limbah

### 1.2.4.9.3 Semen Portland tipe III



Gambar 1.21 Semen Portland tipe III

(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

Standar :

- Standar Nasional Indonesia : SNI 15-2049-1994
- American Society for Testing and Materials : ATSMC 150-95

Spesifikasi cepat keras pada umur muda, kandungan  $C_3S$  dan  $C_3A$  tinggi, butiran halus, dipakai untuk konstruksi bangunan yang memerlukan kekuatantekan tinggi seperti bangunan bertingkat, beton pra cetak dan pra tekan serta bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan sulfat.

#### 1.2.4.9.3 Semen Portland tipe IV

Standar :

- Standar Nasional Indonesia : SNI 15-2049-1994
- American Society for Testing and Materials : ATSMC 150-95

Spesifikasi panas hidrasi rendah, pengerasan dan perkembangan kekuatannya lambat, digunakan konstruksi pengolahan limbah dan konstruksi dalam air.

#### 1.2.4.9.4 Semen Portland tipe V



Gambar 1.22 Semen Portland tipe V  
(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

Spesifikasi panas hidrasi rendah, pengerasan dan perkembangan kekuatannya lambat, digunakan konstruksi pengolahan limbah dan konstruksi dalam air.

#### 1.2.4.9.5 Portland Pezzolan Cement (PPC)



Gambar 1.23 PPC

(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

Merupakan produk baru yang digunakan untuk bangunan rumah, pemukiman, perkantoran dan lain lain yang tidak memerlukan persyaratan khusus. Kualitas produk ini tidak kalah dengan semen tipe I dan tipe SMC. Produk ini menggunakan pasir pezzoland yang didatangkan dari daerah Pariaman.

### 1.2.4.9.6 Oil Well Cement



Gambar 1.24 Oil Well Cement  
(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

Jenis OWC yang diproduksi oleh PT. Semen Padang adalah class G-HSR yaitu jenis semen yang digunakan untuk pembuatan sumur minyak dengan kedalaman sampai 8.000 kaki dan tahan terhadap sulfat tinggi. Produksi ini memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia; SNI 15-3600-1994 dan American Society for Testing and Materials; ASTM C-91/1993 tipe M.

### 1.2.4.9.7 Super Masonry Cement (SMC)

Standar Nasional Indonesia : SNI 15 – 3500 – 2004.  
American Society for Testing and Materials : ASTM C 91-05. Semen ini termasuk tipe Semen Portland Campur yang digunakan untuk konstruksi ringan dengan kuat tekan karakteristik ( $f_c$ ) setinggi-tingginya 20Mpa (200 kg/cm<sup>3</sup>) pada umur 28 hari.

Semen ini termasuk jenis Semen Portland Campur yang digunakan untuk konstruksi ringan dengan kuat tekan karakteristik ( $f_c$ ) setinggi-tingginya 20 Mpa ( $200 \text{ kg/cm}^2$ ) pada umur 28 hari.

#### 1.2.4.9.8 Portland Composite Cement(PCC)



Gambar 1.25 PCC

(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

#### **Memenuhi :**

SNI 15 – 7064 – 2004. Semen PCC cocok untuk bahan pengikat dan direkomendasikan untuk penggunaan keperluan konstruksi umum dan bahan bangunan

#### **Kegunaan :**

- Digunakan untuk konstruksi umum untuk semua mutu beton
- Struktur bangunan bertingkat
- Struktur jembatan
- Struktur jalan beton
- Bahan bangunan

#### **Keunggulan :**

- Lebih mudah dikerjakan
- Suhu beton lebih rendah sehingga tidak mudah retak
- Lebih tahan terhadap sulphat
- Lebih kedap air
- Permukaan acian lebih halus

Selain semen diatas, PT. Semen Padang juga menghasilkan tipe semen lain diantaranya tipe semen CEM 32,5 R-NA dan tipe CEM 42,5 R-NA (keduanya diekspor ke Jerman), dan tipe CEM 52,5 R-NA yang diekspor ke Amerika. Semen ini umumnya digunakan untuk bangunan dengan spesifikasi kuat tekan awal tinggi dan memiliki tingkat penyusutan yang rendah. Biasanya digunakan untuk bangunan bertingkat dan landasan pacu pesawat.

#### 1.2.4.10 Kapasitas Produksi

PT. Semen Padang (*Persero*) saat ini mempunyai kapasitas terpasang/tahun dengan 6 unit pabrik, antara lain :

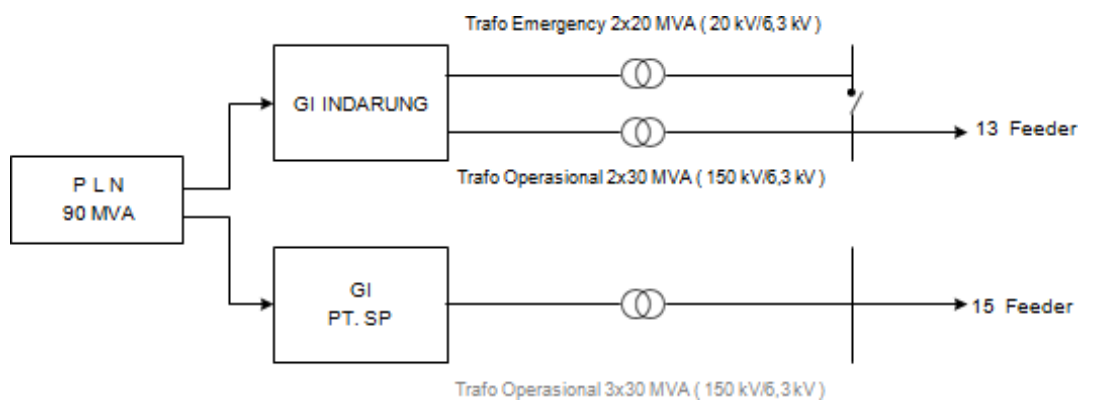
<input type="checkbox"/> Pabrik Indarung I	:	-
<input type="checkbox"/> Pabrik Indarung II	:	660.000 ton/ tahun
<input type="checkbox"/> Pabrik Indarung III	:	660.000 ton/ tahun
<input type="checkbox"/> Pabrik Indarung IV	:	1.620.000 ton/ tahun
<input type="checkbox"/> Pabrik Indarung V	:	2.300.000 ton/ tahun
<input type="checkbox"/> Pabrik Indarung VI	:	3.000.000 ton/ tahun

#### 1.2.4 Sistem Kelistrikan PT.Semen Padang

Sumber tenaga listrik yang dikonsumsi oleh PT. Semen Padang pada awalnya disuplai oleh pembangkit sendiri berupa PLTA dan PLTD. Seiring dengan pengembangan pabrik dan kemajuan teknologi, maka kebutuhan tenaga listrik meningkat dengan cepat yang tidak dapat dipenuhi oleh pembangkit sendiri. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik tersebut, maka PT. Semen Padang melakukan kerja sama ( kontrak ) dengan PT. PLN ( persero ).

### 1.2.5.1 Pembangkit Listrik Negara (PLN)

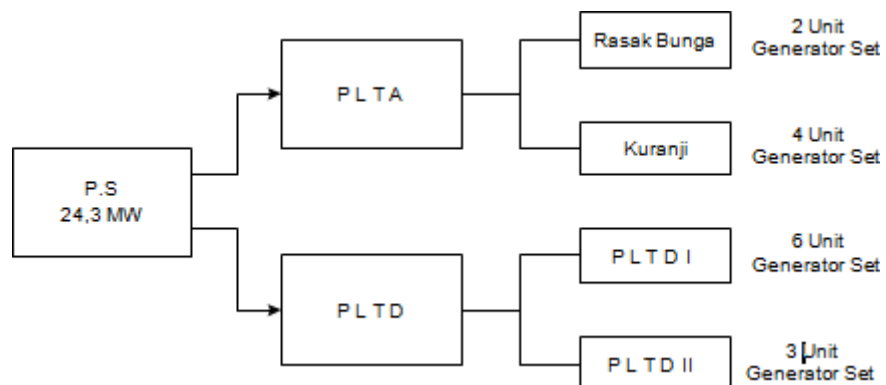
Konsumsi daya listrik PT. Semen Padang yang dikontrak dari PLN saat ini sebesar 90 MVA digunakan untuk menjalankan peralatan pada Pabrik Indarung I, II, III, IV, V, kebutuhan tambang dan kebutuhan non pabrik. Untuk itu PLN mensuplai tenaga listrik dari Ombilin dan Solok I yang ditransmisikan dengan menggunakan saluran udara 150 kV.



Gambar 1.26 Skema Energi Listrik PLN

(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

### 1.2.5.1 Pembangkit Listrik Sendiri



Gambar 1.27 Skema Energi Listrik Pembangkit Sendiri

(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)



Sumber tenaga listrik sendiri yang dimiliki oleh PT. Semen Padang hanya menyediakan kebutuhan listrik bagi Pabrik Indarung I, Kiln Dept, Pabrik Indarung II, Pabrik Indarung III A dan Pabrik Indarung III Sedangkan kebutuhan listrik untuk unit-unit lainnya, seperti Raw Mill dan kebutuhan pabrik diambil dari PLN.

### **1.3 Pelaksanaan Kegiatan PLI**

Selama melaksanakan kegiatan PLI di PT. Semen Padang, Penulis mendapatkan banyak sekali ilmu dan pengalaman yang baru yang selama ini tidak didapatkan di perkuliahan karena di sini banyak peralatan yang digunakan untuk pembuatan semen dan peralatan kelistrikan yang lebih besar daya penggunaannya.

Pada hari Senin, 20 Februari 2023, awal penulis masuk PLI, sekelompok teknisi berkumpul untuk melakukan briefing dan perkenalan. Mereka saling mengenal satu sama lain dan menyampaikan peran serta tanggung jawab mereka di dalam tim. Setelah itu, mereka melakukan pengenalan bagian Gardu Induk yang menjadi objek pekerjaan mereka selama beberapa hari ke depan. Selama seminggu Penulis dikenalkan dengan alat – alat dan komponen yang digunakan pada Gardu Induk dan Panel Kontrol yang terdapat pada ruang kontrol PT. Semen Padang, sambil melakukan pemeliharaan lingkungan kerja.

Setelah mengenal alat dan komponen – komponen yang ada di Gardu Induk, teknisi menunjukkan cara melakukan monitoring supply listrik ke pabrik. Mereka mengunjungi pabrik dan diperkenalkan dengan bagian-bagian yang ada di dalamnya. Mereka memeriksa sistem dan melakukan proses pengamatan secara seksama untuk memastikan bahwa semua berjalan normal dan tidak ada masalah. Ketika ada perawatan di pabrik teknisi melakukan pelepasan CB pada Feeder dan kembali melakukan monitoring supply listrik ke pabrik. Segala aktivitas dilakukan dengan hati-hati dan teliti agar tidak terjadi kesalahan atau kerusakan. Lalu lanjut ke pemeliharaan trafo dan komponen lainnya dengan cara

mengukur tahanannya dan arus berlebih pada setiap komponen eksternal Gardu Induk, dan juga pembersihan sekitaran area Gardu Induk demi kenyamanan dan keamanan lingkungan kerja.

Selama proses PLI berlangsung penulis meminta izin ke Koordinator PLI dan Penanggung Jawab Gardu Induk untuk melakukan proses pengujian tahanan isolasi pada transformator daya 8 150 kV/6.3 kV 30 MVA dengan metode Indeks Polarisasi yaitu dengan mengukur tahanan yang terdapat diantara dua kawat saluran (kabel) yang diisolasi satu sama lain atau tahanan antara satu kawat salurandengan tanah (ground). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi isolasi atara dua belitan atau antara belitan dan ground.

Dengan memberikan sumber arus DC akan didapatkan tahanan isolasi dalam megaohm dengan menggunakan alat Insulation Tester. Tahanan isolasi yang diukur merupakan fungsi dari arus bocor yang menembus isolasi atau arus yang melalui jalur bocor pada permukaan eksternal. Oleh karena itu, hal ini dipengaruhi oleh suhu, kelembaban dan jalur bocor pada permukaan dipengaruhi oleh kotoran yang menempel pada isolasi. Kebocoran arus memang tidak dapat dihindari, tetapi harus memenuhi syarat dan ketentuan yang berlaku.

#### **1.4 Kendala yang dihadapi Selama PLI**

Selama pelaksanaan PLI di PT. Semen Padang, ada beberapa kendala yang dihadapi penulis dalam melakukan kegiatan PLI adalah sebagai berikut :

Penulis kesulitan selama PLI karena merupakan pengalaman pertama dalam melakukan PLI serta kurangnya pengetahuan tentang peralatan dan prinsip alat kerja yang ditemui dilapangan tersebut.

## **1.5 Penyelesaian Masalah dari Kendala**

Dalam menghadapi beberapa kendala dalam melaksanakan PLI seperti yang telah diuraikan diatas. Penulis melakukan beberapa kegiatan untuk mengatasi kendala tersebut seperti berikut :

Memperbanyak pengetahuan penulis dengan melakukan diskusi secara langsung dengan pembimbing lapangan disetiap peralatan yang ditemui dipabrik dan penjelajahan pengetahuan diinternet melalui smartphone.

**BAB II**  
**PENGUJIAN TAHANAN ISOLASI TRANSFORMATOR**  
**DAYA 8 150 kV/6,3 kV 30 MVA DENGAN METODE INDEKS**  
**POLARISASI PADA GARDU INDUK PT. SEMEN PADANG**

**2.1 Fasilitas dan Peralatan Gardu Induk PT. Semen Padang**

Agar gardu induk dapat mencapai fungsi dan tujuannya, maka gardu induk dilengkapi dengan peralatan dan fasilitas. Secara umum peralatan gardu induk adalah sebagai berikut :

**2.1.1 Transformator Daya**



Gambar 2.1 Foto Trafo Daya 30MVA,150kV/6,3kV

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Transformator daya digunakan untuk mengubah daya listrik dengan mengubah level tegangan dan mempertahankan frekuensi. Trafo daya juga berfungsi sebagai pengatur tegangan. Trafo daya dilengkapi dengan trafo pentanahan untuk mencapai titik netral trafo daya.

### 2.1.2 Current Transformer (CT)



Gambar 2.2 Foto Current Transformer

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Transformator arus (CT) digunakan untuk mengubah besaran arus dari arus besar menjadi arus kecil. Memperkecil besaran arus listrik pada sistem tenaga listrik, menjadi arus untuk sistem pengukuran dan proteksi.

### 2.1.3. Capacitive Voltage Transformer (CVT)



Gambar 2.3 Foto Capacitive Voltage Transformer

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Transformator tegangan kapasitif (CVT) digunakan untuk menurunkan sinyal input tegangan tinggi dan memberikan sinyal tegangan rendah yang dapat dengan mudah diukur melalui alat ukur. Transformator tegangan kapasitif (CVT) juga disebut transformator potensial kapasitif.

#### 2.1.4. Pemutus Tenaga (PMT)



Gambar 2.4 Foto Pemutus Tenaga

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Berfungsi untuk memutuskan hubungan tenaga listrik dalam keadaan gangguan maupun dalam keadaan berbeban dan proses ini harus dilakukan dengan cepat. Pemutus tenaga listrik dalam kondisi gangguan menghasilkan arus yang relatif besar. pemutus beban bekerja sangat berat pada kondisi tersebut. Jika kondisi peralatan pemutus tenaga menurun karena kurangnya pemeliharaan, sehingga tidak sesuai lagi dengan kemampuan daya yang diputuskannya, maka pemutus tenaga tersebut akan dapat rusak (meledak).

#### 2.1.5. Pemisah (PMS)



Gambar 2.5 Pemisah

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Pemisah (PMS) atau disconnecting switch adalah sebuah alat yang dipergunakan untuk menyatakan secara visual bahwa suatu peralatan masih tersambung atau sudah bebas dari tegangan kerja.

Pemilihan jenis pemisah (disconnect switch) ditentukan oleh lokasi, tata bangunan luar (outdoor structure) dan sebagainya. Pada umumnya pemisah tidak dapat memutuskan arus. Meskipun ia dapat memutuskan arus yang kecil, misalnya arus pembangkit Trafo, tetapi pembukaan atau penutupannya harus dilakukan setelah pemutus tenaga lebih dahulu dibuka. Untuk menjamin bahwa kesalahan urutan operasi tidak terjadi, maka harus ada keadaan saling mengunci (interlock), antara pemisah dengan pemutus bebannya.

Sesuai dengan fungsi dan kegunaannya, maka PMS dibagi menjadi 2 macam yaitu :

- 2.1.5.1 Pemisah Tanah, berfungsi untuk mengamankan peralatan dari sisi tegangan yang timbul sesudah SUTT / SUTM diputuskan.
- 2.1.5.2 Pemisah Peralatan, berfungsi untuk mengisolasi peralatan listrik dari peralatan yang bertegangan. Pemisah ini dioperasikan tanpa beban.

#### **2.1.6. Control Board**



Gambar 2.6 Foto Control Panel

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Control board berguna untuk memudahkan dalam pengoperasian high voltage equipment dan sebagai indikator high voltage equipment ketika high voltage equipment itu beroperasi maupun tidak beroperasi.

### 2.1.7. Relay Board



Gambar 2.7 Foto Relay Board

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Relay board merupakan panel yang berisikan peralatan-peralatan proteksiseperti over current relay dan differensial relay.

## 2.2 Transformator Daya 150/6,3 kV 30 MVA

Transformator daya 150 kV/6,3 kV 30 MVA adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya (mentransformasikan tegangan).

Transformator yang telah diproduksi terlebih dahulu melalui pengujian sesuai standar yang telah ditetapkan.

### 2.2.1 Cara Kerja Dan Fungsi Tiap Bagiannya

Suatu transformator terdiri atas beberapa bagian yang mempunyai fungsi masing-masing:

#### 2.2.1.1 Inti besi

Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi, yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh “Eddy Current”.



### 2.2.1.2 Kumparan trafo

Beberapa lilitan kawat berisolasi membentuk suatu kumparan. Kumparan tersebut diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap kumparan lain dengan isolasi padat seperti karton, pertinax dan lain-lain. Umumnya pada trafo terdapat kumparan primer dan sekunder. Bila kumparan primer dihubungkan dengan tegangan/ arus bolak-balik maka pada kumparan tersebut timbul fluksi yang menginduksikan tegangan, bila pada rangkaian sekunder ditutup (rangkaiannya beban) maka akan mengalir arus pada kumparan ini. Jadi kumparan sebagai alat transformasi tegangan dan arus.



Gambar 2.8 Kumparan Transformator

(Sumber : Supriyadi 2017)

### 2.2.1.3 Kumparan tertier

Kumparan tertier diperlukan untuk memperoleh tegangan tertier atau untuk kebutuhan lain. Untuk kedua keperluan tersebut, kumparan tertier selalu dihubungkan delta. Kumparan tertier sering dipergunakan juga untuk penyambungan peralatan bantu seperti kondensator synchrone, kapasitor shunt dan reactor shunt, namun demikian tidak semua trafo daya mempunyai kumparan tertier.

#### 2.2.1.4 Minyak trafo

Sebagian besar trafo tenaga kumparan-kumparan dan intinya direndam dalam minyak-trafo, terutama trafo-trafo tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai media pemindah panas (disirkulasi) dan bersifat pula sebagai isolasi (daya tegangan tembus tinggi) sehingga berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi. Beberapa sifat dan ciri-ciri minyak transformator antara lain:

- Tahan terhadap panas: Minyak transformator harus mampu menahan suhu tinggi dalam jangka waktu yang lama tanpa mengalami degradasi atau merusak sistem isolasi.
- Tahan terhadap oksidasi: Minyak transformator harus dapat menghambat terjadinya oksidasi, yaitu reaksi kimia antara minyak dan oksigen pada udara, sehingga tidak terjadi kerusakan pada sistem isolasi.
- Sifat dielektrik yang baik: Minyak transformator harus memiliki sifat dielektrik yang baik, yaitu mampu mencegah terjadinya arus bocor pada sistem isolasi.
- Viskositas yang stabil: Minyak transformator harus memiliki viskositas yang stabil dan tidak mudah berubah, sehingga dapat menjaga suhu transformator dalam batas yang aman.
- Tidak mengandung kontaminan: Minyak transformator harus bebas dari kontaminan seperti air, gas, dan partikel yang dapat mempengaruhi kinerja isolasi transformator dan merusak peralatan.

- Kemampuan pendinginan yang baik: Minyak transformator harus dapat berfungsi sebagai media pendingin, sehingga dapat menyeimbangkan suhu transformator dan mendinginkan suhu yang tinggi.
- Stabilitas yang tinggi: Minyak transformator harus memiliki stabilitas yang tinggi dalam jangka waktu yang lama, sehingga dapat menjaga kinerja transformator dalam kondisi yang optimal.

Tipe minyak trafo yang digunakan yaitu minyak mineral, karena outputnya yang besar, kualitas yang baik dan indikator teknis dan ekonomi yang unggul, ini telah menjadi minyak trafo yang ideal untuk trafo daya tegangan ultra-tinggi dan tegangan ultra-tinggi. Minyak transformator minyak mineral terutama diproses dari minyak dasar naftenat dan minyak dasar parafin. Dari perspektif struktur molekul, itu termasuk alkana rantai lurus, isoalkana, sikloalkana dan hidrokarbon aromatik, yang memainkan peran berbeda dalam minyak transformator.

#### 2.2.1.5 Bushing



Gambar 2.9 Bushing Transformator

(Sumber : Ii and Pustaka, 2014)

Hubungan antara kumparan trafo ke jaringan luar melalui sebuah busing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki trafo.

#### 2.2.1.6 Tangki dan Konservator.



Gambar 2.10 Tangki dan Konservator

(Sumber : Ii and Pustaka. 2014)

Pada umumnya bagian-bagian dari trafo yang terendam minyak trafo berada (ditempatkan) dalam tangki. Untuk menampung pemuatan minyak trafo, tangki dilengkapi dengan konservator.

## 2.2.2 Peralatan Bantu

### 2.2.2.1 Pendingin

Pada inti besi dan kumpuran-kumpuran akan timbul panas akibat rugi-rugi besi dan rugi-rugi tembaga. Bila panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan, akan merusak isolasi di dalam trafo, maka untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebihan tersebut trafo perlu dilengkapi dengan sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar trafo. Media yang digunakan pada sistem pendingin dapat berupa : Udara/gas, minyak dan air. Pengalirannya (sirkulasi) dapat dengan cara :  
Transformer tipe pendingin kering :

2.2.2.1.1 Alamiah (Natural)

2.2.2.1.2 Tekanan/paksaan (forced)

Pendinginan dengan minyak celup transformator

2.2.2.2.1 ONAN - Oil Natural Air Natural; minyak dan udara biasa

2.2.2.2.2 ONAF - Oil Natural Air Forced; minyak dan tekanan udara

2.2.2.2.3 OFAF - Oil Forced Air Forced; tekanan minyak dan tekanan udara

2.2.2.2.4 ONWF - Oil Natural Water Forced; minyak dan tekanan air

2.2.2.2.5 OFWF - Oil Forced Water Forced; tekanan minyak dan tekanan air

### 2.2.3 Tap Changer (perubah tap)

Tap changer adalah perubahan perbandingan transformator untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder sesuai yang diinginkan dari tegangan jaringan/primer yang berubah-ubah. Tap changer dapat dilakukan dengan baik dalam keadaan berbeban (on-load) atau dalam keadaan tak berbeban (off load), tergantung jenisnya.



(Sumber : KE, 2016)

Gambar 2.11 Tap Changer Transformator

#### **2.2.4 Alat pernapasan**

Karena pengaruh naik turunnya beban trafo maupun suhu udara luar, maka suhu minyak pun akan berubah-ubah mengikuti keadaan tersebut. Bila suhu minyak tinggi, minyak akan memuai dan mendesak udara di atas permukaan minyak keluar dari dalam tangki, sebaliknya bila suhu minyak turun, minyak menyusut maka udara luar akan masuk ke dalam tangki. Kedua proses di atas disebut pernapasan trafo. Permukaan minyak trafo akan selalu bersinggungan dengan udara luar yang menurunkan nilai tegangan tembus minyak trafo, maka untuk mencegah hal tersebut, pada ujung pipa penghubung udara luar dilengkapi tabung berisi kristal zat higroskopis.

### **2.3 Tahanan Isolasi**

#### **2.3.1 Pengertian Tahanan Isolasi**

Tahanan isolasi adalah tahanan yang terdapat diantara dua kawat saluran (kabel) yang diisolasi satu sama lain atau tahanan antara satu kawat saluran dengan tanah (ground) (Andriyanto, 2016), standar nilai Polarization Index (PI) yang baik yaitu antara 1.5 hingga 5.0, Hargi (2017) mendefinisikan tahanan isolasi adalah sebagai suatu yang diukur dari isolasi antara belitan dan inti besi pada trafo. Tahanan isolasi bertujuan agar membatasi aliran arus antara belitan dan inti besi. Nilai yang didapat tahanan isolasi semakin besar indeks polarisasinya maka semakin bagus tahananannya.

#### **2.3.2 Pengujian indeks polarisasi pada transformator tenaga**

Pengukuran tahanan isolasi pada belitan bertujuan untuk mengetahui kondisi isolasi antara dua belitan atau antara belitan dan ground. Pengujian PI pada transformator biasanya dilakukan oleh teknisi atau insinyur listrik dengan menggunakan alat pengukur isolasi yang disebut megaohmmeter atau *Megger Tester*. Untuk mengukur PI pada transformator dengan menggunakan megger tester, beberapa komponen

yang dibutuhkan adalah:

- Megger Tester: Alat elektromekanik yang digunakan untuk mengukur resistansi isolasi dan kebocoran arus pada kabel, transformator dan peralatan listrik lainnya.
- Kabel Penghubung: Kabel yang digunakan sebagai penghubung antara megger tester dan transformator yang akan diuji.
- Electrode: Elektroda yang digunakan untuk menghubungkan kabel penghubung ke permukaan isolasi transformator.
- Ground Stake: Pemasangan stake yang baik pada tanah harus digunakan untuk memastikan pengukuran yang benar dari PI.
- Timer/Stop Watch: Untuk menghitung waktu pengukuran, digunakan alat berupa timer atau stop watch.

Pengujian PI ini dilakukan pada saat melakukan pemeliharaan rutin atau saat terjadi masalah pada transformator. Dengan memberikan sumber arus DC akan didapatkan tahanan isolasi dalam megaohm. Tahanan isolasi yang diukur merupakan fungsi dari arus bocor yang menembus isolasi atau arus yang melalui jalur bocor pada permukaan eksternal. Oleh karena itu, hal ini dipengaruhi oleh suhu, kelembaban dan jalur bocor pada permukaan dipengaruhi oleh kotoran yang menempel pada isolasi. Kebocoran arus memang tidak dapat dihindari, tetapi harus memenuhi syarat dan ketentuan yang berlaku. Perhitungan indeks polarisasi adalah sebagai berikut :

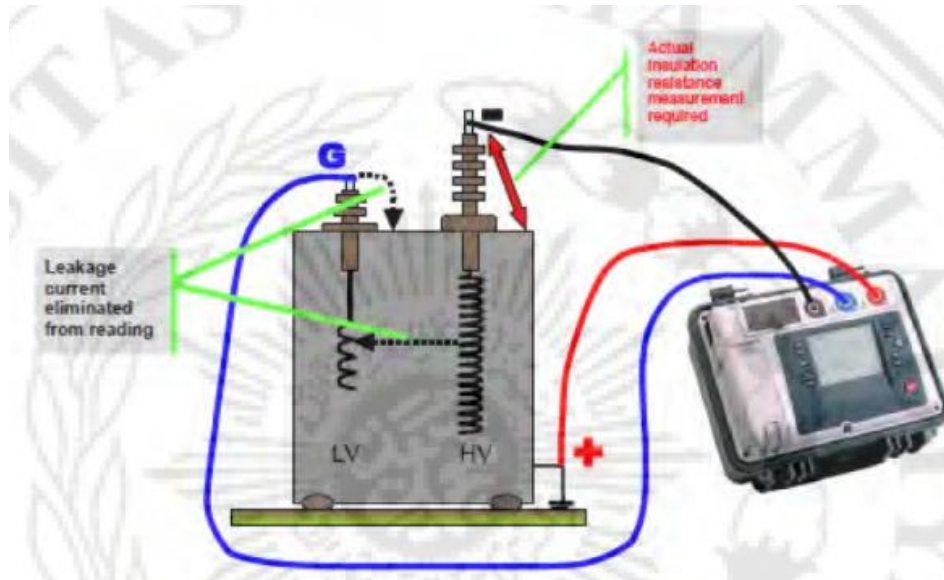
$$IP = \frac{R \text{ 10 Menit}}{R \text{ 1 Menit}} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

IP = Indeks Polarisasi

R10 = Pengujian saat menit ke 10

R1 = Pengujian saat menit ke 1



Gambar 2.12 Sketsa Pengujian Indeks Polarisasi

(Sumber : Saputra, 2018)

Tabel 2.1 Standar Indeks Polarisasi Trafo Menggunakan IEEE 43-2000

Hasil Pengujian	Keterangan	Rekomendasi
<1.0	Berbahaya	Ditindak lanjuti
1.0-1.1	Jelek	Ditindak lanjuti
1.1-1.25	Dipertanyakan	Uji Kadar Minyak
1.25-2.0	Baik	-
>2.0	Sangat Baik	-

Tabel di atas merupakan standar nilai dari hasil pengukuran atau analisis Indeks Polarisasi pada transformator cukup baik atau perlu ditingkatkan. Jika keterangan dalam keadaan bahaya atau hasil pengujian bernilai rendah seperti pada tabel di atas, maka teknisi dan perusahaan harus :

- Menguji kadar minyak, untuk menguji kadar minyak transformator, biasanya digunakan alat yang disebut sebagai Oil Tester atau Transformer Oil Test Kit. Alat ini umumnya terdiri dari beberapa bagian yang mencakup pengukur kadar air, pengukur sifat listrik dan pengukur interfacial tension. Salah



satu pengujian penting yang dilakukan pada minyak transformator adalah pengukuran nilai Indeks Asam (Acid Number) dan nilai Interfacial Tension (IFT).

- Melakukan pemeliharaan untuk memperbaiki kerusakan atau kegagalan pada sistem isolasi transformator. Jika diperlukan, lakukan pergantian peralatan isolasi yang rusak atau cacat
- Jika nilai Indeks Polarisasi tidak dapat ditingkatkan dengan melakukan pemeliharaan, maka perlu dipertimbangkan untuk mengganti transformator tersebut dengan yang baru.

### **2.3.3 Waktu Pengujian Indeks Polarisasi pada Transformator Daya**

Pengujian PI ini dilakukan pada saat melakukan pemeliharaan rutin atau saat terjadi masalah pada transformator sehingga transformator dalam keadaan mati. Namun, dalam penerapannya, tindakan yang tepat akan bergantung pada situasi dan kondisi transformator yang sedang diuji. Beberapa situasi dimana PI perlu diuji antara lain:

#### **2.3.3.1 Pada saat pemeriksaan rutin**

Mekanik biasanya akan melakukan pengujian PI pada saat memeriksa transformator dengan tujuan untuk menentukan apakah ada perbaikan atau pemeliharaan yang perlu dilakukan pada sistem isolasi transformator.

#### **2.3.3.2 Setelah terjadinya gangguan listrik**

Saat terjadi gangguan listrik yang dapat mengganggu kinerja transformator, maka teknisi akan melakukan pengujian PI untuk mengevaluasi keadaan isolasi transformator dan menentukan apakah ada kerusakan atau kegagalan pada sistem isolasi tersebut.

#### **2.3.3.3 Sebelum pengoperasian ulang setelah kerusakan atau pemeliharaan**

Saat transformator sedang diperbaiki atau dipelihara, teknisi akan melakukan pengujian PI untuk menentukan apakah sistem isolasi telah berhasil diperbaiki dan apakah transformator siap untuk dioperasikan ulang.

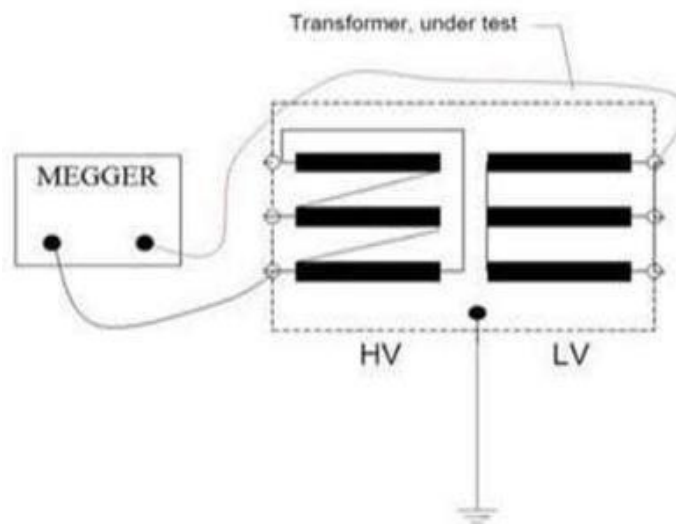
#### 2.3.4 Masalah Dalam Pengujian Tahanan Isolasi

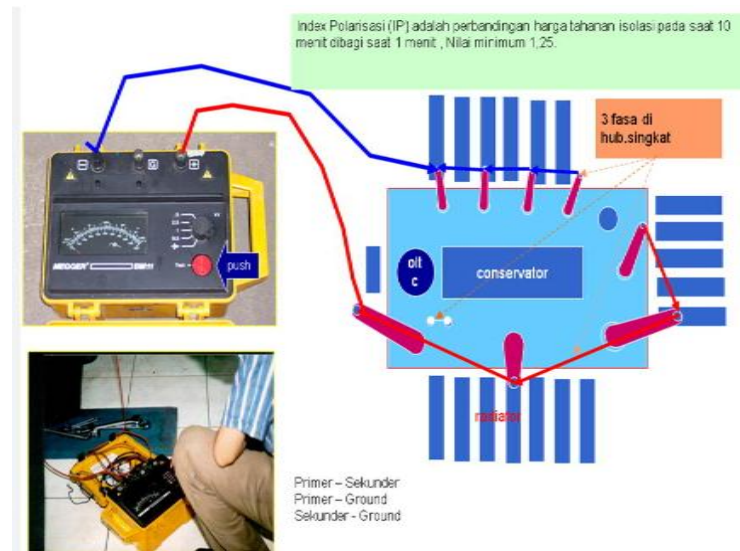
Pengujian tahanan isolasi dapat dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, dan jalur bocor atau juga kerak kotoran pada bushing sehingga berdampak pada nilai tahanan isolasi sebenarnya.

#### 2.3.5 Solusi Penanganan Permasalahan Pengujian Tahanan Isolasi

- Pengujian dilakukan setelah kondisi suhu trafo menurun.
- Pembersihan isolator sisi primer dan sekunder serta bagian bushing trafo.

#### 2.3.6 Skema Pengujian Tahanan Isolasi





Gambar 2.13 Skema dan Foto Pengujian Tahanan Isolasi  
(Sumber : Andi Makkulau, 2018)

Berikut adalah penjelasan langkah-langkah pengukuran tahanan PI pada transformator dengan hubungan kumparan primer dan sekunder, kumparan primer dan ground, kumparan sekunder dan ground:

#### 2.3.7.1 Pengukuran Tahanan PI pada Hubungan Kumparan Primer dan Sekunder:

- Pastikan transformator dalam kondisi mati dan telah dicabut dari sumber daya listrik.
- Hubungkan kabel penghubung pada terminal kumparan primer dan sekunder transformator, sambungkan ke terminal megger tester.
- Hubungkan grounding stake pada tanah di sekitar transformator, kemudian sambungkan ke terminal pusat megger tester.
- Nyalakan megger tester, dan setelah beberapa saat, baca dan catat nilai resistansi isolasi yang ditampilkan oleh alat tersebut.
- Ulangi pengukuran beberapa kali untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan stabil, kemudian hitung nilai tahanan PI.

#### 2.3.7.2 Pengukuran Tahanan PI pada Hubungan Kumparan Primer dan Ground:

- Cabut kabel penghubung yang menghubungkan kumparan sekunder dengan transformator.
- Hubungkan kabel penghubung antara terminal megger tester dengan terminal kumparan primer pada transformator.
- Hubungkan grounding stake pada tanah di sekitar transformator, kemudian sambungkan ke terminal pusat megger tester.
- Nyalakan megger tester, dan setelah beberapa saat, baca dan catat nilai resistansi isolasi yang ditampilkan oleh alat tersebut.
- Ulangi pengukuran beberapa kali untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan stabil, kemudian hitung nilai tahanan PI.

#### 2.3.7.3 Pengukuran Tahanan PI pada Hubungan Kumparan Sekunder dan Ground:

- Cabut kabel penghubung yang menghubungkan kumparan primer dengan transformator.
- Hubungkan kabel penghubung antara terminal megger tester dengan terminal kumparan sekunder pada transformator.
- Hubungkan grounding stake pada tanah di sekitar transformator, kemudian sambungkan ke terminal pusat megger tester.
- Nyalakan megger tester, dan setelah beberapa saat, baca dan catat nilai resistansi isolasi yang ditampilkan oleh alat tersebut.

- Ulangi pengukuran beberapa kali untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan stabil, kemudian hitung nilai tahanan PI.

Setelah melakukan pengujian seperti langkah – langkah di atas maka penulis mendapatkan hasil nilai dari PI yaitu :

Tabel 2.3 Hasil Pengujian Indeks Polarisasi

Fasa	HASIL PENGUKURAN (G $\Omega$ )			MEGGER (V)
	1 menit	10 menit	Polarisasi Index	
Primer – Sekunder	8.4	23.8	2.83	5000 V dc
Primer – Ground	7.45	14.09	1.89	5000 V dc
Sekunder – Ground	6.01	15.39	2.56	5000 V dc

(Sumber : Data Pengukuran Penulis)

## 2.4 Pembahasan Hasil Pengujian Tahanan Isolasi Dengan Metode Indeks Polarisasi

### 2.4.1 Indeks Polarisasi

Indeks Polarisasi atau *Polarization Index* adalah rasio antara resistansi isolasi transformator pada waktu 10 menit terhadap resistansi isolasi transformator pada waktu 1 menit. Pengujian PI pada transformator dilakukan dengan menggunakan jarak waktu pengukuran 1 menit dan 10 menit pada umumnya untuk menyeleksi dan mengidentifikasi apakah ada masalah pada sistem isolasi transformator dalam jangka waktu yang singkat atau dalam jangka waktu yang lebih lama.

Pengukuran PI pada jangka waktu 1 menit dilakukan untuk mengetahui kondisi isolasi pada sistem yang beroperasi di lingkungan

listrik dengan beban yang berubah-ubah seperti yang dapat terjadi pada sistem tenaga listrik. Pengukuran pada waktu ini juga membantu dalam mengetahui apakah ada isolasi yang rusak, yang dapat mengakibatkan bahaya listrik bagi pengoperasian transformator.

Pengukuran PI pada jangka waktu 10 menit dilakukan untuk mengetahui kondisi isolasi pada sistem transformator dalam lingkungan yang stabil, seperti saat transformator menopang beban dalam jangka waktu yang lebih lama. Hasil pengukuran pada waktu ini membantu dalam menentukan apakah transformator dapat menahan tegangan selama waktu yang lama dan apakah isolasi tetap memiliki konsistensi dan kekuatan yang memadai dalam jangka waktu panjang.

#### 2.4.2 Spesifikasi Transformator

Tabel 2.2 Spesifikasi Transformator

Pabrik	UNINDO
Tipe	TT UB/30000
Daya Pengenal	30 MVA
Vektor Group	YNd5
Arus Pengenal	115.47/2749.29 A
Teg Pengenal	150/6.3 kV
Impedansi Tegangan	11.7%
Tingkat Isolasi	60/275/650 kV
Sistem Pendingin	ONAN
Jumlah Tap	17
Nomor Seri	A-9615199-03
Jenis Sadapan	OLTC
Minyak Isolasi	Mineral Oil

(Sumber : Dokumen File PT. Semen Padang)

Trafo daya merupakan jenis trafo yang berfungsi mendistribusikan daya listrik dari sumber bertegangan rendah ke tegangan tinggi maupun sebaliknya, trafo daya digunakan oleh PLN untuk mengalirkan listrik ke konsumen. Tegangan listrik harus dinaikkan dari sumber pembangkit listrik ke tempat distribusi dikarenakan jarak yang jauh membuat distribusi listrik dengan arus besar sangat tidak efisien. Hal ini bisa menyebabkan rugi daya, oleh karena itu tegangan harus dinaikkan terlebih dahulu.

#### 2.4.1 Analisis Hasil

Nilai PI yang ideal untuk sebuah transformator adalah di atas 2. Jika nilai PI sebuah transformator kurang dari 1.0, maka hal ini dapat menunjukkan adanya kerusakan pada peralatan dan sistem isolasi transformator tersebut.

Perhitungan indeks polarisasi primer-sekunder pada tabel hasil pengujian indeks polarisasi Gardu Induk PT. Semen padang :

$$IP = \frac{R_{10 \text{ Menit}}}{R_{1 \text{ menit}}}$$

$$IP = \frac{23,8}{8,4} = 2,83$$

Perhitungan indeks polarisasi primer-ground pada tabel hasil pengujian indeks polarisasi Gardu Induk PT. Semen padang :

$$IP = \frac{14,09}{7,45} = 1,89$$

Perhitungan indeks polarisasi sekunder-ground pada tabel hasil pengujian indeks polarisasi Gardu Induk PT. Semen padang :

$$IP = \frac{15,39}{6,01} = 2,56$$

Hasil Perhitungan primer sekunder diatas menyatakan indeks polarisasi masih dalam keadaan baik berdasarkan standar indeks polarisasi trafo menggunakanIEEE 43-2000 .

Apabila hasil pengujian dibawah 1,1-1,25 harus ditindak lanjuti apakah trafokotor, lembab, atau sudah ada yang bocor maka perlu ditindak lanjuti, atau bisa melakukan uji kadar minyak, dan uji tan delta. Dan hasil pengujian diatas 1,1-1,25trafo keadaan baik tidak perlu dipantau, hanya saja untuk hasil pengujian 1,1-1,25 masih perlu dipantau lagi.



## **BAB III**

### **PENUTUP**

#### **3.1 Kesimpulan**

Dari hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan dalam “Pengujian Tahanan Isolasi Transformator Daya Dengan Metode Indeks Polarisasi Pada Trafo Daya 8 150 kV/6,3 kV 30 MVA Gardu Induk PT. Semen Padang” maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 3.1.1 Berdasarkan pengujian PI pada percobaan primer dan sekunder, didapatkan hasil nilai PI 2.83
- 3.1.2 Berdasarkan pengujian PI pada percobaan primer dan ground, didapatkan hasil nilai PI 1.89
- 3.1.3 Berdasarkan pengujian PI pada percobaan sekunder dan ground, didapatkan hasil nilai 2.56

Berdasarkan hasil perhitungan nilai indeks polarisasi (IP) diperoleh hasil nilai disemua belitan dengan nilai terendah 1.89 dan nilai tertinggi 2.83. Hal ini menunjukkan bahwa Transformator dalam keadaan baik dan masih layak untuk digunakan karena semua belitan sesuai dengan standar IEEE 43-2000 yang menyatakan bahwa transformator dalam keadaan baik jika nilai IP berkisar antara 1.25-2.



#### **3.2 Saran**

Saran untuk pengujian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan software-software yang lebih baru dan juga untuk pemeliharaan tahanan isolasi khususnya pada transformator yang sudah cukup lama bisa dilakukan setiap tahun sekali, karena dua tahun sekali terlalu lama mengingat pentingnya fungsi dari transformator sendiri.



## LAMPIRAN 1

Surat balasan penerimaan mahasiswa magang (PLI) oleh Perusahaan PT. Semen Padang

Nomor : 000000066/HM.04.03/KRE/00003000/3000/01.2023  
Hal : Kerja Praktek Mahasiswa

Padang, 11 Januari 2023 Sejak 1910

Kepada Yth.  
**Dekan  
Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Padang  
Di - Padang**

Dengan hormat,

Sehubungan dengan surat permohonan Saudara No: 2572/UN35.2.1/AK/2022 Tanggal 16 Desember 20222 diberitahukan, bahwa kami dapat menerima mahasiswa Saudara tersebut di bawah ini untuk melakukan Kerja Praktek di PT Semen Padang :

No	Nama	NIM/ BP	Jurusan / Universitas
1	Hafidhimi Siddiq	19130013/2019	Teknik Elektro Industri / Univ. Negeri Padang


Kerja Praktek akan dilaksanakan pada tanggal **20 Februari s/d 14 April 2023**

Persyaratan yang harus dipenuhi :

1. Paling lambat tanggal **16 Februari 2023** yang bersangkutan sudah harus melapor ke Unit Operasional SDM (Pusdiklat) PT Semen Padang, untuk melengkapi persyaratan yang belum ada (**persyaratan terlampir**)
2. Mahasiswa/siswa diwajibkan hadir pada tanggal **20 Februari 2023** jam 08.00 WIB di **Unit Operasional SDM (Pusdiklat)** PT Semen Padang untuk mengikuti pengarahan sebelum melaksanakan Kerja Praktek.
3. Mematuhi segala ketentuan dan disiplin yang berlaku di PT Semen Padang serta selalu mematuhi protokol kesehatan selama kerja praktek berlangsung, mahasiswa/siswa dinyatakan gagal dalam melaksanakan kerja praktek jika melanggar peraturan di PT Semen Padang.
4. Membuat laporan kerja praktek dan menyerahkan ke Unit Operasional SDM (Pusdiklat) 15 (lima belas) hari paling lambat setelah tanggal kerja praktek berakhir.
5. **Perlengkapan Safety yaitu Helm (warna biru) & Sepatu Safety disediakan sendiri.**
6. **Bukti asli keikutsertaan asuransi kecelakaan kerja dibawa pada saat melapor ke Unit Operasional SDM (Pusdiklat)**

Demikian disampaikan, atas perhatian Bapak/Ibu diucapkan terima kasih.

Hormat kami,  
Sr. HC. Management Officer

  
**Ika Nopikasari**  
Kepala  
ZAM/EL/ind

**Go Beyond Next**  
PT SEMEN PADANG  
Jalan Raya Indarung, Padang 25237 Sumatera Barat. Telp. (0751) 815-250 Fax. (0751) 815-590 www.semenpadang.co.id



(Sumber : Dokumentasi Penulis)

LAMPIRAN 2

Konsultasi dan perbaikan dalam pembuatan laporan magang (PLI) bersama Supervisor

CATATAN KONSULTASI LAPORAN DENGAN SUPERVISOR

Nama Mahasiswa HAFIDHILMI SIDDIQ  
 Jurusan/NIM/EM T. Elektro Industri / 19110013  
 Tempat PLI/PPN WHPPE & utilitas

Tanggal	Topik/Masalah yang dibahas	Saran Perbaikan	Paraf Supervisor
11 April 2023	Index Polaritas	Tambahkan materi tentang mengapa dibutuhkan pengujian PI	
12 April 2023	Single Line diagram	Perbaiki sistem kelengkapan yang terbaru pada PT. Semen Pongung.	

Supervisor

  
 (TRIG. RISEN AULYA D.)

### LAMPIRAN 3

Mengamati dan memahami kegunaan komponen-komponen eksternal yang terdapat di Gardu Induk PT. Semen Padang.



(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Mengamati dan memahami kegunaan kompoenen-komponen yang terdapat di ruangan kontrol Gardu Induk PT. Semen Padang, serta apa saja kegiatan yang dilakukan oleh operator di ruangan kontrol tersebut.



(Sumber : Dokumentasi Penulis)

## LAMPIRAN 4

Mengamati dan memahami kegunaan dari panel proteksi dari sisi incoming sekunder transformator daya.



(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Mengukur suhu trafo menggunakan thermal imager



(Sumber : Dokumentasi Penulis)

## LAMPIRAN 5

Pengukuran arus berlebih dan tahanan pada setiap komponen eksternal Gardu Induk



(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Pengukuran tahanan isolasi pada transformator daya 8 150 kV/ 6.3 kV 30 MVA



(Sumber : Dokumentasi Penulis)

## LAMPIRAN 6

### Lembar penilaian kegiatan PLI

#### LEMBARAN PENILAIAN SUPERVISOR

Nama Mahasiswa (Praktekan) : HAFIDHILMI SIDDIQ NIM. 1913003  
 Nama Perusahaan/Industri : Semen Padang Persero  
 Jadwal Kegiatan : 20 Februari sampai 14 April  
 Nama Supervisor : TRIE RISZKI AULYA S.  
 Jabatan Supervisor di Perusahaan : .....

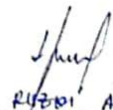
ASPEK YANG DINILAI	RANGE PENILAIAN					
	Mengulang <65	Cukup Baik (65-69)	Baik (70-74)	Baik Sekali (75-79)	Sangat Baik Sekali (80-84)	Dengan Pujian (85-100)
1. Penguasaan ilmu bidang studi (teori) penunjang praktek						90
2. Keterampilan membaca gambar kerja petunjuk dan sejenisnya						92
3. Keterampilan menggunakan alat atau instrumen yang dipakai dalam praktek						93
4. Kapasitas hasil praktek dalam jangka waktu yang disediakan						91
5. Kualitas hasil praktek dibandingkan dengan standar (tolak ukur) yang ditetapkan						92
6. Kemampuan berpraktek secara mandiri						94
7. Inisiatif untuk meningkatkan hasil praktek						92
8. Inisiatif untuk menyelesaikan atau mengatasi masalah yang ditemui						93
9. Kerja sama dengan orang lain selama melaksanakan praktek						92
10. Disiplin dan kehadiran ditempat praktek						88
11. Sikap terhadap petunjuk, kritik, atau anjuran dari pembimbing praktek						92
12. Pelaksanaan program keselamatan kerja bagi diri sendiri dan orang lain						90
13. Pemeliharaan keselamatan alat, bahan dan lingkungan tempat praktek						93
14. Kewajaran penampilan dan berpakaian ditempat praktek						94
15. Adaptasi dengan situasi dan kondisi di tempat praktek						92
<b>Jumlah Skor</b>	=	=	=	=	=	= 91,86
<b>Total Skor (jumlahkan semua Jumlah Skor) = 1378</b>						

Total Skor  
 NILAI AKHIR = 1378 = 91,86

Rekomendasi : Untuk bisa berhasil atau lebih berhasil dalam praktek, mahasiswa ini memerlukan (cantumkan tanda V)  
 ( ) bimbingan yang lebih intensif  
 ( ) pemantapan ilmu penunjang (teori)  
 ( ) pemberian waktu praktek yang lebih lama  
 ( ) pembinaan sikap dan disiplin yang lebih positif

Catatan:  
 Isilah kolom penilaian dalam bentuk angka sesuai  
 Dengan range penilaian

Padang, 14 April, 2023

  
 (TRIE RISZKI AULYA S.)  
 (kota, lokasi, tanggal, tanda tangan, nama  
 Supervisor penilai dan stempel perusahaan)

(Sumber : Dokumentasi Penulis)