

LAPORAN PENGALAMAN LAPANGAN INDUSTRI

**Analisa Penyetelan Relay Differensial Sebagai Proteksi Utama
Pada Trafo 30/35 MVA di Gardu Induk PT. Semen Padang**

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan Mata Kuliah Pengalaman
Lapangan Industri di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri
Padang*



Oleh :

ARINI MURDHIANI

NIM/BP. 19130082/2019

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO INDUSTRI

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2022

HALAMAN PENGESAHAN FAKULTAS

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

Semester Juli/Desember 2022

Oleh:

ARINI MURDHIANI

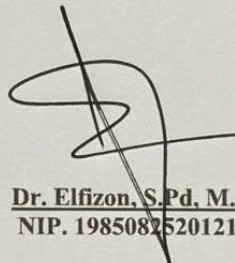
19130082/2019

Progran Studi Teknik Elektro Industri

Jurusan Teknik Elektro

Diperiksa dan Disahkan Oleh :

Dosen Pembimbing



Dr. Elfizon, S.Pd, M. Pd. T.
NIP. 198508252012121002

 Kepala unit hubungan industri



Ali Basrah Polungan, S.T., M.T.
NIP. 197412122003131002

HALAMAN PENGESAHAN INDUSTRI

Laporan ini disampaikan untuk Memenuhi sebagian dari Persyaratan
Penyelesaian Pengalaman Lapangan Industri
(Dari Tanggal 20 Juni 2022– 12 Agustus 2022)

**“Analisa Penyetelan Relay Differensial Sebagai Proteksi Utama Pada Trafo 30/35
MVA di Gardu Induk PT. Semen Padang”**

OLEH:

NAMA : ARINI MURDHIANI

NO. BP : 19130082

JURUSAN : TEKNIK ELEKTRO

PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO INDUSTRI

Mengetahui dan Menyetujui,

Pembimbing Lapangan

Kepala Urusan Gardu Induk

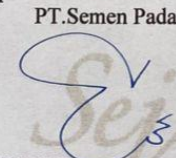

TRIE RISZKI AULYA S
NIP.9114140

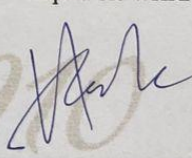

SAPTIRAH
NIP.6698284

Mengesahkan

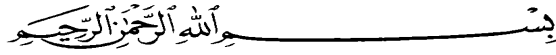
Kepala Unit WHRPG & Utilitas
PT.Semen Padang

Kepala Sie WHRPG


ERICK REZA ALANDRI, ST, MM
NIP.7505021


HARRI KURNIAWAN, ST
NIP.8714015

KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirabbil'alamiin. Penulis ucapkan Puji syukur kepada Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya Penulis dapat menyelesaikan kegiatan Pengalaman Lapangan Industri dan sekaligus menyelesaikan Laporan yang berjudul “**Analisa Penyetelan Relay Differensial Sebagai Proteksi Utama Pada Trafo 30/35 MVA di Gardu Induk PT. Semen Padang**”. Shalawat beserta salam tidak lupa Penulis kirimkan kepada nabi besar Muhammad SAW.

Laporan ini disusun dengan tujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan mata kuliah Kerja Praktek pada Program Studi Teknik Elektro Industri, Jurusan 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 Kedua 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 Risdendra, S. Pd, M.T, Ph. D selaku Kepala Jurusan 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 Jurusan Teknik Elektro.
7. Bapak Elfizon, S.Pd, M. Pd. T, 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 (Amin, Zaky, Nanda, Fauzan, Fadli dan Jeki). 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, 12 Agustus 2022

(Arini Murdhiani)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN INDUSTRI	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Tempat Dan Waktu Pelaksanaan	4
1.6 Metode Pembahasan	4
1.7 Sistematika Penulisan Laporan	5
BAB II TINJAUAN UMUM PERUSAHAAN	6
2.1 Sejarah PT.Semen Padang	6
2.2 Visi Dan Misi PT. Semen Padang	10
2.3 Struktur Organisasi PT. Semen Padang	10
2.4 Proses Pembuatan Semen	13
2.4.1 Bahan Mentah Semen	13
2.4.2 Jenis Proses	16
2.4.3 Penggilingan dan Pencampuran Bahan Mentah	18
2.4.4 Pembakaran (kiln)	20
2.4.5 Penggilingan Hasil Pembakaran (Clinker)	21
2.4.6 Pengantongan (Packing Plant)	22
2.5 Produk-produk yang Dihasilkan	22
2.6 Kapasitas Produksi	27

2.7	Sumber Energi Listrik PT. Semen Padang	27
2.7.1	Perusahaan Listrik Negara (PLN)	28
2.7.2	Pembangkit Sendiri	28
BAB III LANDASAN TEORI.....		31
3.1	Transformator Daya	31
3.1.1	Prinsip Dasar Transformator Daya.....	32
3.1.2	Bagian-bagian Transformator Daya dan Fungsinya.....	32
3.1.3	Gangguan Pada Transformator.....	38
3.2	Transformator Arus.....	40
3.2.1	Prinsip Kerja Transformator Arus.....	41
3.2.2	Aplikasi Trafo Arus.....	41
3.2.3	Klasifikasi Trafo Arus	42
3.3	Sistem Proteksi Tenaga Listrik	45
3.3.1	Jenis-jenis Proteksi Transformator Daya	46
BAB IV PEMBAHASAN DAN PENGUJIAN		53
4.1	<i>Main</i> Transformator	53
4.1.1	Sistem Proteksi <i>Main</i> Transformator 8	55
4.2	Relay Differensial	56
4.3	Prinsip Kerja Relay Differensial Pada Transformator	57
4.4	Perhitungan Matematis Penyetelan Relay Differensial	60
4.4.1	Perhitungan Nilai Rasio CT	60
4.4.2	Perhitungan Error Mismatch	62
4.4.3	Perhitungan Nilai Arus Sekunder CT.....	63
4.4.4	Perhitungan Nilai Arus Differensial.....	63
4.4.5	Perhitungan Nilai Arus Restrained	64
4.4.6	Perhitungan Percent <i>Slope</i>	64
4.4.7	Perhitungan Nilai Arus <i>Setting</i>	65
4.4.8	Penyetelan Rele Differensial SIEMENS SIPROTEC 7UT85.....	65
4.5	Rencana Kegiatan PLI.....	68
4.6	Pelaksanaan Kegiatan PLI.....	68

4.7	Kendala yang dihadapi.....	81
4.8	Penyelesaian Masalah dari Kendala.....	81
BAB V PENUTUP.....		82
5.1	Kesimpulan	82
5.2	Saran	83
DAFTAR PUSTAKA		84
LAMPIRAN		85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 PT. Semen Padang.....	6
Gambar 2.2 Struktur Organisasi PT. Semen Padang	11
Gambar 2.3 Batu Kapur	14
Gambar 2.4 Batu Silika	15
Gambar 2.5 Tanah Liat	15
Gambar 2.6 Pasir Besi.....	16
Gambar 2.7 Gypsum	16
Gambar 2.8 Diagram Alir Pembuatan Semen dengan Proses Basah	17
Gambar 2.9 Diagram Alir Pembuatan Semen dengan Proses Kering.....	17
Gambar 2.10 Diagram Flow Proses Kering (Dry Process)	18
Gambar 2.11 Raw Mill Indarung II.....	19
Gambar 2.12 Kiln Indarung VI	20
Gambar 2.13 Semen Portland Tipe I.....	23
Gambar 2.14 Semen Portland Tipe II	23
Gambar 2.15 Semen Portland Tipe III	24
Gambar 2.16 Semen Portland Tipe V	24
Gambar 2.17 Portland Pozzolan Cement	25
Gambar 2.18 Portland C.....	26
Gambar 2.19 Oil Well Cement.....	26
Gambar 2.23 Trafo Daya GI Semen Padang	28
Gambar 3. 1 Transformator.....	31
Gambar 3. 2 Inti Besi Transformator	33
Gambar 3. 3 Kumparan Transformator	33
Gambar 3. 4 Minyak Transformator	34
Gambar 3. 5 Bushing	35
Gambar 3. 6 Tangki Konservator	36
Gambar 3. 7 Transformator Arus	41
Gambar 3. 8 Kurva I-V Pada Trafo Arus Metering dan Proteksi	42
Gambar 3. 9 Bar Primary CT	42
Gambar 3. 10 Wound Primary CT	43

Gambar 3. 11 Trafo Arus Pemasangan Luar Ruangan	44
Gambar 3. 12 Trafo Arus Pemasangan Dalam Ruangan	44
Gambar 3. 13 Trafo Arus Rasio Tunggal.....	45
Gambar 3. 14 Trafo Arus Rasio Ganda.....	45
Gambar 3. 15 Relay Buchollz	47
Gambar 3. 16 Relay Jansen.....	48
Gambar 3. 17 Relay Tekanan Lebih	48
Gambar 3. 18 Relay HV/LV	49
Gambar 3. 19 Relay Tangki Tanah	50
Gambar 3. 20 Relay Differensial SIEMEN SIPROTEC 7UT85	51
Gambar 3. 21 Relay Gangguan Tanah Terbatas	51
Gambar 4. 1 Main Transformator 8 Gardu Induk PT. Semen Padang.....	53
Gambar 4. 2 Spesifikasi Transformator 8 Gardu Induk PT. Semen Padang.....	55
Gambar 4. 3 Relay Differensial Pada Saat Keadaan Normal.....	58
Gambar 4. 4 Relay Differensial Pada Saat Terjadi Gangguan di Luar Daerah Proteksi.....	59
Gambar 4. 5 Relay Differensial Pada Saat Terjadi Gangguan di Dalam Daerah Proteksi.....	59
Gambar 4. 6 Rasio CT Pada Sisi 150 kV	61
Gambar 4. 7 Rasio CT Pada Sisi 6,3 kV	62
Gambar 4. 8 Penyetelan Rele Differensial SIEMENS SIPROTEC 7UT85	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kebutuhan Energi Listrik PT. Semen Padang	27
Tabel 3. 1 Tipe Pendingin Transformator Menurut Standar IEC	37
Tabel 4. 1 Spesifikasi Transformator 8 Gardu Induk PT. Semen Padang	54
Tabel 4. 2 Proteksi Utama Pada Transformator 8	56
Tabel 4. 3 Proteksi Cadangan Pada Transformator 8.....	56
Tabel 4. 4 Perhitungan Arus Nominal dan Arus Rating	61
Tabel 4. 5 Perhitungan CT Ideal dan Error Mismatch	63
Tabel 4. 6 Perbandingan Perhitungan I_r , % slope, dan I_{set}	66
Tabel 4. 7 Perbandingan Arus Setting Menggunakan 2,22% slope.....	67
Tabel 4. 8 Perbandingan Arus Setting Menggunakan 30% slope.....	67
Tabel 4. 9 Rencana Kegiatan PLI.....	68
Tabel 4.10 Pelaksanaan Kegiatan PLI.....	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam menghadapi dunia global saat sekarang ini terutama dalam kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, maka saat ini Negara Indonesia masih sangat membutuhkan tenaga-tenaga terampil dan *professional* didalam melaksanakan suatu proses produksi pada industri tersebut. Yang mana tenaga yang terampil dan *profesional* ini juga berguna untuk kemajuan pembangunan dalam segala bidang yang ada pada industri tersebut dan memulihkan keadaan perekonomian yang berkepanjangan saat ini.

Mahasiswa merupakan ujung tombak penerus yang pada gilirannya akan memikul tanggung jawab guna mensukseskan pembangunan nasional serta memajukan bangsa dan negara. Kebutuhan akan *softskill*, *hardskill*, dan profesionalisme menuntut adanya pelatihan yang kontinyu dan usaha yang sungguh-sungguh.

Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan mengikuti langsung kegiatan yang dilakukan pada suatu industri atau yang lebih dikenal dengan Pengalaman Lapangan Industri (PLI). Pengalaman Lapangan Industri merupakan beban studi yang dibebankan di Prodi D4 Teknik Elektro Industri Jurusan Teknik Elektro, sebagai sarana untuk latihan mengembangkan dan menerapkan ilmu pengetahuan yang diperoleh di bangku kuliah. Selain itu dengan Praktek Kerja Lapangan akan diperoleh gambaran yang jelas tentang berbagai hal yang berkaitan dengan berbagai masalah, khususnya masalah pengaturan sistem di tempat kerja praktek. Selain itu dapat menciptakan tenaga kerja yang terampil dan *professional* serta berakhlak mulia. Dalam mencapai usaha di atas, tentunya tidak lepas dari peran serta dari berbagai pihak, baik dari kalangan kampus dan dunia usaha serta semua instansi terkait.

Industri semen saat ini merupakan salah satu industri pokok yang diperlukan dalam pembangunan, sehingga kebutuhan semen yang ada di Indonesia Saat sekarang ini sangat tinggi. Oleh karena itu perkembangan industri semen di

Indonesia saat sekarang ini berkembang dengan pesat. Sehingga kebutuhan semen di Indonesia saat sekarang ini bisa dipenuhi hingga pelosok tanah air dengan keberadaan industri semen saat sekarang ini. Sehingga semen untuk wilayah tanah air Indonesia saat sekarang ini terpenuhi dengan baik.

Salah satu industri semen yang tertua di Asia Tenggara adalah PT.SEMEN PADANG yang mana industri semen ini telah berdiri semenjak tahun 1910. Pada saat sekarang ini PT.Semen Padang sangat berkembang dengan pesat baik dari kuantitas produk maupun dari semen yang dihasilkan. Dengan semakin bertambahnya semen yang dihasilkan maka kebutuhan semen untuk wilayah Sumatera Barat dan sekitarnya sangat baik. Disamping itu juga membantu pemerintah untuk mengurangi jumlah pengangguran, serta menjadi pendapatan negara.

Produksi semen pada PT. SEMEN PADANG melalui serangkaian proses. Dalam pengolahan materian tersebut hingga menghasilkan semen yang berkualitas selalu berhubungan dengan listrik dalam melakukan prosesnya, dimana PT. SEMEN PADANG memiliki sumber listrik utama yang berasal dari PLN dan terinterkoneksi dengan beberapa pembangkit sendiri perusahaan untuk memenuhi kebutuhan mereka. Sehingga pada laporan Pengalaman Praktek Kerja Lapangan ini, penulis membahas tentang **“Penyetelan Rele Differensial Sebagai Proteksi Utama Pada Trafo 30/35 MVA di Gardu Induk PT. Semen Padang”**.

Melalui Pengalaman Praktek Kerja Lapangan mahasiswa diharapkan mampu menemukan permasalahan, yang kemudian akan dianalisa dan dicari solusi yang tepat. Dengan terjun langsung dan menemukan realita permasalahan yang ada, mahasiswa dilatih agar dapat memecahkan permasalahan sesuai dengan yang telah didapatkan di bangku kuliah. Solusi terhadap permasalahan diambil mahasiswa dengan pendekatan sistem yang integral komprehensif, artinya permasalahan yang ada tidak diselesaikan secara terpisah namun antara satu dengan yang lain ada keterkaitan

1.2 Rumusan Masalah

Pada kerja praktek ini rumusan masalah yang akan dibahas oleh penulis sebagai berikut :

1. Bagaimana profil perusahaan (Sejarah dan Manajemen Pabrik) ?
2. Bagaimana sistem kelistrikan di perusahaan?
3. Bagaimana cara penyetelan relay differensial?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan pada laporan ini tidak menyimpang dari topik yang telah ditentukan, maka penulis membuat batasan masalah pada:

1. Profil perusahaan dan manajemen pabrik
2. Sistem kelistrikan pada PT. Semen Padang
3. Cara menyetting relay differensial

1.4 Tujuan

Tujuan dari pelaksanaan Kerja praktek di **PT. SEMEN PADANG**, Propinsi Sumatera Barat ini, adalah sebagai berikut:

a. Tujuan Umum

1. Mendapatkan pengalaman dalam suatu lingkungan kerja dan mendapat peluang untuk berlatih menangani permasalahan dalam pabrik serta melaksanakan studi perbandingan antara teori yang didapat di kuliah dengan penerapannya di pabrik.
2. Menambah wawasan aplikasi kelistrikan dalam bidang industri.
3. Dunia usaha mampu mewujudkan kepedulian dan partisipasinya dalam ikut memberikan kontribusi pada sistem pendidikan nasional.
4. Menumbuhkan dan menciptakan pola berpikir konstruktif yang berwawasan bagi mahasiswa dan dunia kerja.
5. Mengetahui perkembangan teknologi modern di bidang Industri, terutama yang diterapkan di PT. SEMEN PADANG.
6. Memperoleh pemahaman yang komprehensif dalam dunia kerja melalui *learning by doing*.

b. Tujuan Khusus

1. Mengetahui tata cara pengoperasian/pembuatan semen di PT. semen Padang khususnya pada control kelistrikannya.
2. Mengetahui sistem kelistrikan yang digunakan pada PT. Semen Padang.
3. Mengetahui cara pengontrolan tenaga listrik pada PT. Semen Padang.
4. Melihat dan membandingkan keilmuan yang didapat di bangku kuliah dengan aplikasi yang terdapat di lapangan.
5. Mengetahui dan memahami cara penyettingan dan pengujian Relay Differensial

1.5 Tempat Dan Waktu Pelaksanaan

Pengalaman Lapangan Industri ini dilakukan di PT. SEMEN PADANG tepatnya pada Gardu Induk PT. SEMEN PADANG. Waktu Praktek Kerja Lapangan dilaksanakan pada tanggal 20 Juni 2022 sampai dengan 12 Agustus 2022. Berikut ini jadwal kerja praktek di PT.Semen Padang secara rinci :

Jam kerja Senin-Kamis	: 08.00-17.00 WIB
Jam kerja Jum'at	: 08.00-17.00 WIB
Jam istirahat Senin-Kamis	: 12.00-13.00 WIB
Jam istirahat Jum'at	: 11.45-13.45 WIB

1.6 Metode Pembahasan

1. Studi Literatur
Yaitu dengan melakukan studi dari buku-buku, ataupun petunjuk manual serta dari pustaka berkaitan dengan masalah yang akan dibahas.
2. Tinjauan Lapangan
Yaitu melakukan pengambilan data terhadap objek yang diteliti.
3. Diskusi dan tanya jawab dengan karyawan dan petugas lapangan.
4. Pembahasan masalah.
5. Menyimpulkan hasil pembahasan.

1.7 Sistematika Penulisan Laporan

Dalam laporan Praktek Kerja Lapangan ini, penulis menyusunnya atas beberapa Bab, yaitu sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Pada bab ini terdiri dari latar belakang pelaksanaan Praktek Kerja Lapangan, tujuan, waktu dan tempat pelaksanaan, metodologi pengumpulan data dan sistematika penulisan.

BAB II Gambaran Umum Perusahaan

Pada bab ini berisikan tentang sejarah singkat PT. Semen Padang, daerah operasi, struktur organisasi, manajemen perusahaan dan area perusahaan.

BAB III Dasar Teori

Pada bab ini membahas tentang teori-teori yang tentang peralatan dan kegiatan yang akan dibahas.

BAB IV Analisa dan Pembahasan

Menganalisa data-data yang didapatkan dari hasil penelitian.

BAB V Penutup

Berisi kesimpulan dan saran dari penulis setelah melakukan kerja praktek.

BAB II

TINJAUAN UMUM PERUSAHAAN

2.1 Sejarah PT.Semen Padang

PT. Semen Padang merupakan salah satu badan usaha milik negara dan merupakan pabrik semen yang tertua di Indonesia, yang didirikan pada tanggal 18 Maret 1910 dengan nama *NV. Nedeerlandsch Indiche Portland Cement Maatschhapij* seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 PT. Semen Padang

Pabrik mulai dibangun karena ditemukannya bahan batuan yang dapat dijadikan semen, yang ditemukan oleh kolonial Belanda yang bertugas di Sumatera Barat yang bernama Carel Cristhoper Lau yang menemukan deposit batu kapur yang sangat besar disekitar Indarung atau yang dinamakan karang putih.

Sejarah perkembangan PT. Semen Padang sejak didirikan sampai sekarang dapat disusun menurut periode-periode berikut:

a. Periode I : tahun 1910-1942

Disaat PT. Semen Padang dibangun tahun 1910 yang dipimpin oleh Christhoper, kapasitas produksi sekitar 50 ton/hari, sehingga produksi pada tahun

1913 mencapai 22.000 ton/tahun dan pernah mencapai produksi sebesar 170.000 ton/tahun pada tahun 1939, yang merupakan produksi tertinggi pada saat itu.

b. Periode II : tahun 1942-1945

Pada saat ini merupakan perang dunia II dimana jepang menguasai Indonesia dan pabrik diambil alih dengan manajemen *Asano Cement*, dikarenakan kondisi perang ini banyak mesin-mesin yang rusak dan produksi kurang sekali.

c. Periode III : tahun 1945-1947

Pada periode ini merupakan perang kemerdekaan RI, pabrik diambil alih kembali oleh pemerintahan Indonesia sendiri dan mengganti nama perusahaan menjadi kilang Semen Indarung. Hasil-hasil produksi boleh dikatakan tidak ada karena perbaikan serta penggantian mesin-mesin yang rusak akibat perang.

d. Periode IV : tahun 1947-1958

Periode ini adalah pada saat agresi militer Belanda I tahun 1947. Pabrik diambil alih oleh Belanda dan namanya diganti menjadi *NV. Padang Portland Cement Maatscaijj* (NV. PPCM) dan mulai memproduksi pada tahun 1949. Produksi tertinggi pada tahun 1958 sebesar 154.000 ton/tahun.

e. Periode V : tahun 1958-1961

Berhubung dengan pengembalian Irian Barat ke RI pada tanggal 5 Juli 1958 keluarlah keputusan Presiden RI No.50/1958 yang menyatakan bahwa pabrik semen diambil alih oleh pemerintahan Indonesia yang dikelola oleh BAPPIT, produksi tertinggi tahun 1959 sebesar 120.714 ton/tahun.

f. Periode VI : tahun 1961-1972

Setelah 3 tahun dikelola oleh BAPPIT, berdasarkan peraturan pemerintah No.135 tahun 1961 status perusahaan diubah menjadi PN (perusahaan negara), akhirnya pada tahun 1971 melalui peraturan pemerintah No.7 menetapkan status semen Padang menjadi PT. Semen Padang dengan Akta Notaris 5 tanggal 4 Juli 1972 produksi tertinggi sebesar 172.071 ton/tahun.

g. Periode VII : tahun 1972-1995

Pada tanggal 19 Juli 1973 rehabilitasi pabrik diresmikan oleh Presiden H.M. Soeharto dan kapasitas produksi naik menjadi 220.000 ton/tahun dan melampaui target tahun 1973 dengan produksi 248.278 ton/tahun. Rehabilitasi kedua

diresmikan oleh menteri perindustrian Moh. Yusuf dan produksi semakin meningkat sejalan dengan peresmian selesainya rehabilitas kedua, diresmikan pelaksanaan Indarung II dan dilanjutkan dengan proyek Indarung IIIA dan IIIB (sekarang menjadi Indarung III dan Indarung II), dimana Indarung III diresmikan pada tanggal 29 Desember 1983, sedangkan Indarung II diresmikan pada tanggal 23 Juli 1987 dengan kapasitas produksi 600.000 ton/tahun.

h. Periode VIII : tahun 1995-sekarang

Pada masa ini PT. Semen Padang mulai merealisasikan program peningkatan kapasitas produksi dengan memulai program pembangunan Indarung VI, dengan dibangunnya pabrik Indarung VI maka kapasitas produksi PT. Semen Padang adalah sebagai berikut:

a. Pabrik Indarung I

Pabrik Indarung I merupakan cikal bakal pabrik semen di Indonesia, yang menggunakan proses basah (*Wet Process*). Dalam rehabilitasi I dan II pada tahun 1973 dan 1976, kapasitas produksi mencapai 330.000 ton/ tahun. Namun perkembangannya, proses basah dihentikan terhitung sejak tanggal 1 Januari 2000, karena penggunaan mesin yang sudah tidak efisien lagi. Pada pabrik Indarung I, yang masih aktif hanya Cement Mill saja, sedangkan Raw Mill dan Kiln sudah tidak beroperasi.

b. Pabrik Indarung II

Pabrik Indarung II dibangun pada tahun 1977, dan mulai beroperasi sejak 1980 dengan menggunakan proses kering (*Dry Process*). Pabrik ini mempunyai 1 buah kiln dengan menggunakan sistem 4 Stage Suspension Preheater. Melalui proyek optimalisasi yang selesai pada tahun 1992, kapasitas produksi meningkat menjadi 2.100 ton/hari atau sekitar 660.000 ton/ tahun.

c. Pabrik Indarung III

Pabrik Indarung III berasal dari pabrik Indarung III A yang dibangun tahun 1981. Pabrik mulai beroperasi sejak bulan Juli tahun 1983 dengan menggunakan proses kering (*Dry Process*). Sama halnya dengan pabrik Indarung II, pabrik Indarung III memiliki 1 buah kiln dengan sistem 4 Stage Suspension Preheater

dan kapasitas produksi mencapai 2.100 ton per hari atau sekitar 660.000 ton per tahun.

d. Pabrik Indarung IV

Pabrik Indarung IV berasal dari pabrik Indarung III B (yang selesai dibangun tahun 1983) dan pabrik Indarung III C (yang selesai dibangun tahun 1994). Pabrik Indarung III B dan III C yang menggunakan satu kiln bersama dengan menggunakan proses kering (*Dry Process*) dan memiliki kapasitas produksi 5.400 ton perhari atau 1.620.000 ton per tahun.

e. Pabrik Indarung V

Pada tahun 1996 PT Semen Padang membangun pabrik Indarung V dan mulai dioperasikan pada bulan Agustus 1998. Pabrik yang menggunakan sistem dan teknologi modern ini mampu memproduksi semen sebanyak 7.800 ton per hari atau kapasitas produksi mencapai 2.300.000 ton per tahun.

f. Pabrik Indarung VI

Untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas produksi, PT Semen Padang membangun pabrik Indarung VI pada tanggal 26 Mei 2014, dan mulai beroperasi pada pertengahan tahun 2017 dengan target kapasitas produksi 3.000.000 ton per tahun.

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 yaitu PT. Semen Padang, PT. Semen Gresik dan PT. Semen Tonasa yang terealisasi tanggal 15 September 1995. Sekarang ini PT. Semen Padang tergabung dalam Holding Semen Indonesia dimana operasioanal company terdiri atas :

- a. PT. Semen Padang
- b. PT. Semen Tonasa
- c. PT. Semen Gresik
- d. Semen Thang Long
- e. Solusi Bangun Indonesia (Dynamix)

2.2 Visi Dan Misi PT. Semen Padang

a. Visi PT. Semen Padang adalah:

“Menjadi Industri Persemenan yang Andal, Unggul, dan Berwawasan Lingkungan di Indonesia Bagian Barat dan Asia Tenggara.”

b. Misi PT. Semen Padang adalah:

PT. Semen Padang sebagai Badan usaha Milik Negara (BUMN) mempunyai misi sebagai berikut :

1. Memproduksi dan memperdagangkan semen serta produk terkait lainnya yang berorientasi pada kepuasan pelanggan.
2. Mengembangkan SDM yang kompeten, professional, dan berintegritas tinggi.
3. Meningkatkan rekayasa dan *engineering* untuk mengembangkan industri semen nasional.
4. Memberdayakan, mengembangkan, dan mensinergikan sumber daya perusahaan yang berwawasan lingkungan.
5. Meningkatkan nilai perusahaan secara berkelanjutan dan memberikan yang terbaik kepada *stakeholder*.

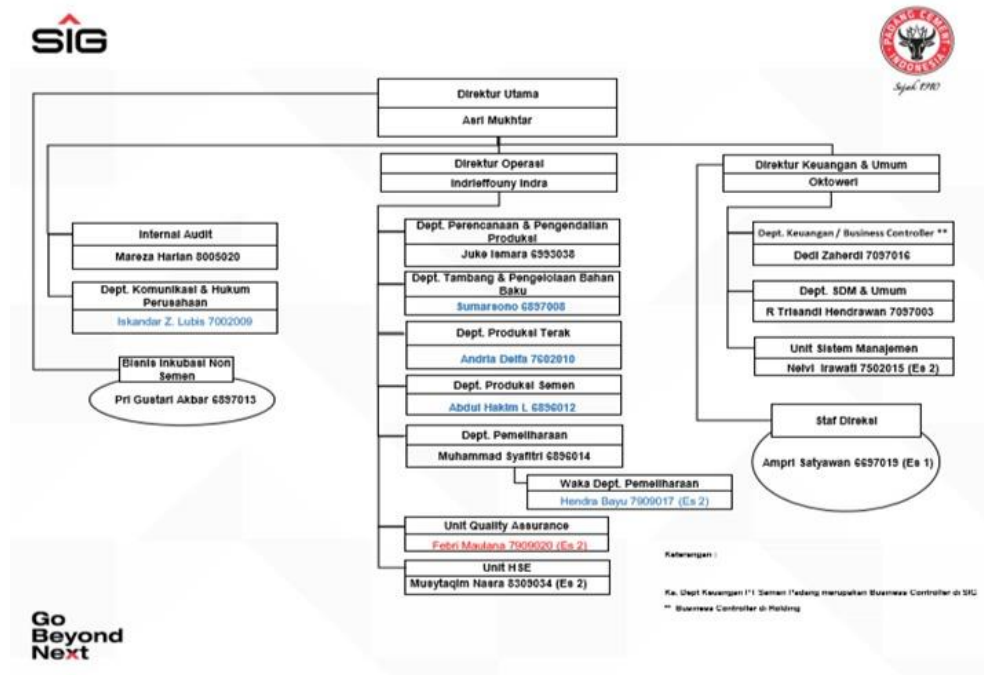
2.3 Struktur Organisasi PT. Semen Padang

Struktur organisasi mempunyai peranan yang sangat 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.

Melalui struktur organisasi perusahaan, dapat diketahui garis pertanggungjawaban di dalam perusahaan. Setiap unit akan mempertanggungjawabkan semua kegiatan dan usaha yang telah dijalankan sesuai dengan batas wewenang yang diberikan. Makin tinggi tingkatan suatu unit tertentu, maka makin luas bidang tanggung jawabnya.

Struktur organisasi PT. Semen Padang sering mengalami perubahan sesuai dengan tuntutan perkembangan dan kemajuan perusahaan. Struktur organisasi

yang akan dijelaskan berikut ini adalah struktur organisasi yang ditetapkan pada Januari 2019.



Gambar 2.2 Struktur Organisasi PT. Semen Padang

Dewan direksi terdiri dari Direktur Utama yang dibantu oleh 2 (dua) orang Direktur yaitu Direktur Operasi dan Direktur Keuangan dan masing-masing direktur membawahi beberapa buah departemen, yakni :

- a. Direktur Operasi
 1. Departemen Perencanaan dan Pengendalian Produksi
 2. Departemen Tambang dan Pengelolaan Bahan Baku
 3. Departemen Produksi Terak
 4. Departemen Produksi Semen
 5. Departemen Pemeliharaan
- b. Direktur Keuangan yang membawahi :
 1. Departemen Keuangan
 2. Departemen SDM dan Umum

Kedua Direktur yang diatas bertindak sebagai pengelola langsung (Dewan Direksi). Direktur Utama merupakan orang yang paling bertanggung jawab terhadap seluruh aktifitas dan jalannya perusahaan. Dalam menjalankan aktifitasnya Direktur Utama dibantu oleh direktur-direktur dan staf ahli serta program pengendalian mutu terpadu dan lembaga-lembaga penunjang lainnya. Departemen yang langsung berada di bawah dan bertanggung jawab langsung kepada Direktur Utama adalah:

1. Internal Audit
2. Departemen Komunikasi & Hukum Perusahaan
3. Bisnis Inkubasi Non Semen

Selain departemen yang tersebut di atas, Dewan Direksi juga dibantu oleh badan setingkat Departemen yang memiliki tanggung jawab langsung terhadap Dewan Direksi, yaitu :

- a. Satuan Pengawasan Intern
- b. Sekretaris Perusahaan
- c. Tim Counterpart Strategis
- d. Staf direksi

Disamping itu direktur utama bersama direktur lainnya yang disebut Dewan Direksi juga membawahi beberapa Anak Perusahaan dan Lembaga Penunjang (APLP) dan Panitia Pelaksana Kesehaan dan Keselamatan Kerja (P2K3). Anak Perusahaan yang ada sekarang adalah:

- a. PT. Igarar
- b. PT. Yasiga Sarana Utama
- c. PT. Andalas Yasiga Perkasa
- d. PT. Pasoka Sumber Karya

2.4 Proses Pembuatan Semen

2.4.1 Bahan Mentah Semen

Semen terdiri dari berbagai senyawa mineral yang mengandung kalsium aluminat dan kalsium aluminat-ferit, yang berarti senyawa semen berasal dari zat (oksida) kapur, oksida silikat, oksida aluminat, dan oksida besi. Oleh karena itu bahan mentah semen adalah bahan-bahan yang dapat menghasilkan keempat oksida tersebut diatas dan dapat berasal dari satu atau dua jenis bahan mentah, tetapi jika belum cukup perlu ditambah dengan bahan mentah yang lain. Ada lima material dasar pembuat semen yaitu :

1. Batu kapur (lime stone) : 80%
2. Batu silika (silika stone) : 10%
3. Tanah liat (clay) : 8%
4. Pasir besi (iron sand) : 2%
5. Gypsum (ditambahkan setelah penggilingan)

a. Batu Kapur

Batu kapur merupakan sumber kalsium oksida (CaO) dan kalsium dan kalsium karbonat (CaCO_3). Batu ini diambil dari bukit Karang Putih. Tahap penambangan batu kapur ini adalah sebagai berikut :

1. *Shipping* yaitu pengupasan atau pembukaan lapisan kerak dari batu bukit karang sehingga diperoleh lapisan batu kapur.
2. *Drilling* yaitu pengeboran dengan menggunakan alat *srewler drill* dan *drill master* dengan tenaga udara tekan dari kompresor. Pengeboran lubang dengan diameter 5,5 inchi ini digunakan untuk menanamkan peledak.
3. *Blasting* yaitu proses peledakan dengan menggunakan dinamit dan bahan pencampur berupa ammonium nitrat dan *fuel oil* (ANFO).
4. *Dozing* yaitu proses pengumpulan batu kapur yang telah diledakkan menggunakan dozer untuk selanjutnya ditransportasikan ketempat penampungan.

5. *Crushing* yaitu memperkecil ukuran material sampai ukuran yang dikehendaki. Proses ini langsung dilakukan di area penambangan.
6. Pengiriman material kesilo penampungan. Transportasi material menggunakan *belt konveyor*.



Gambar 2.3 Batu Kapur

b. Batu Silika

Material ini merupakan sumber Silisium Oksida (SiO_2) dan Alumunium Oksida (Al_2O_3). Material ini ditambang di Bukit Ngalau. Penambangannya dilakukan tanpa bahan peledak tetapi diruntuhkan dengan menggunakan *trackcavator* dan dibawa ke *crusher* dengan *shell loader* atau *dump truck* dan kebutuhannya adalah sekitar 9 – 10% dari kebutuhan bahan mentah.



Gambar 2.4 Batu Silika

c. Tanah Liat

Tanah liat merupakan sumber Aluminium Oksida (Al_2O_3) dan Iron Oksida (Fe_2O_3 dan FeO). Tanah liat ditambang disekitar pabrik (Bukit Atas) dan diambil dengan menggunakan *excavator* dan ditransportasikan dengan *dump truck* dan kebutuhannya adalah 8 – 9% dari total kebutuhan bahan mentah.



Gambar 2.5 Tanah Liat

d. Pasir Besi

Pasir Besi mempunyai oksida utama berupa Fe_2O_3 yang kebutuhannya hanya sekitar 1 – 2% dari total kebutuhan bahan mentah. PT. Semen Padang tidak

memiliki area tambang pasir besi, jadi untuk memenuhi kebutuhan akan pasir besi, PT. Semen Padang didatangkan dari Pulau Bali dan negara Brazil.



Gambar 2.6 Pasir Besi

e. Gypsum

Gypsum merupakan sumber utama $\text{CaSO}_4\text{H}_2\text{O}$. Material ini dipakai sebagai penahan agar semen tidak cepat mengering dan mengeras. Kebutuhan gypsum untuk PT. Semen Padang didatangkan dari Gresik, Australia, dan Thailand.



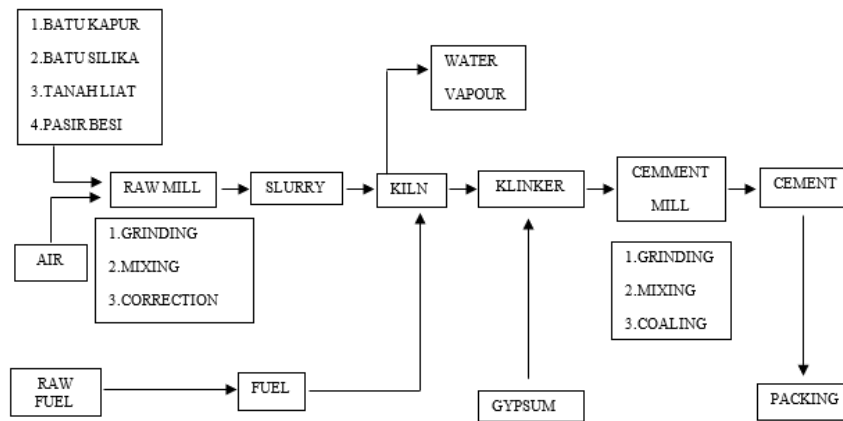
Gambar 2.7 Gypsum

2.4.2 Jenis Proses

a. Proses Basah (*Wet Process*)

Secara umum proses pembuatan semen dengan proses basah adalah dengan penambahan air sewaktu penggilingan bahan mentah, sehingga hasil gilingan

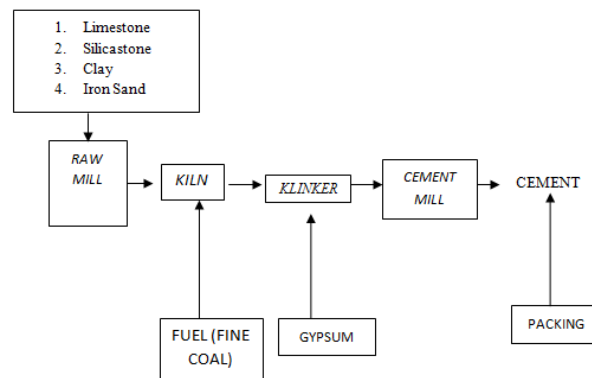
bahan mentah berupa lumpur yang disebut slurry dengan kadar air sekitar 30-36%.



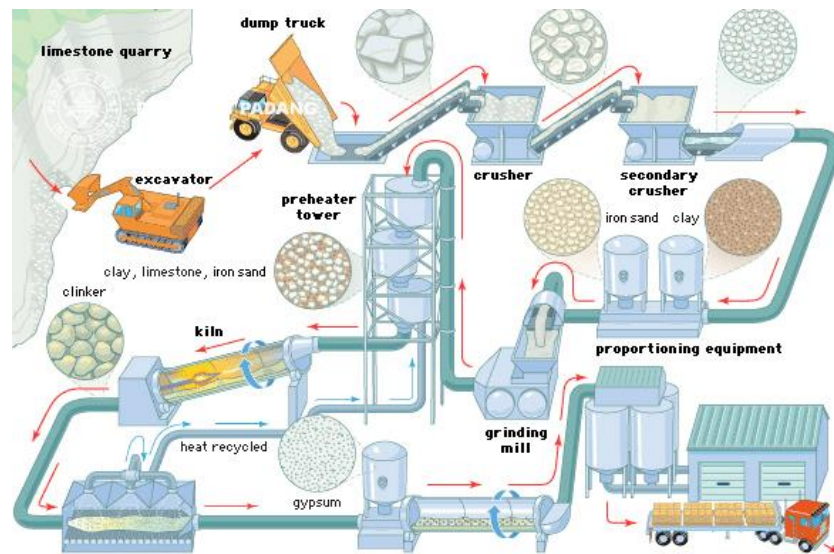
Gambar 2.8 Diagram Alir Pembuatan Semen dengan Proses Basah

b. Proses Kering (*Dry Process*)

Pembuatan semen melalui proses kering yaitu dengan pengeringan bahan mentah sejalan dengan penggilingannya, sehingga hasil gilingan bahan mentah berupa tepung/bubuk, yang disebut *Raw Mix*, dengan kadar airnya kecil 1%.



Gambar 2.9 Diagram Alir Pembuatan Semen dengan Proses Kering



Gambar 2.10 Diagram Flow Proses Kering (Dry Process)

Dalam pemilihan jenis proses mana yang akan dipakai tergantung dari beberapa faktor antara lain :

1. Kondisi bahan mentah yang meliputi kadar air bahan mentah, komposisi bahan mentah, *grindability* bahan mentah.
2. Lokasi pabrik dan biaya operasi
3. Jenis produk yang akan dibuat
4. Standar teknik di suatu daerah

2.4.3 Penggilingan dan Pencampuran Bahan Mentah

Penggilingan material bertujuan untuk memperkecil ukuran partikel atau memperbesar luar permukaan sehingga mempermudah proses berikutnya. Proses ini dilakukan dalam Raw Mill seperti yang terlihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Raw Mill Indarung II

Pada tahap ini keempat bahan baku yang telah dipersiapkan dengan persentase yang sesuai, digiling sampai menjadi tepung atau mencapai tingkat kehalusan tertentu. Di dalam *Raw Mill* terdapat *grinding* media, yaitu berupa bola-bola besi dengan diameter 80-90 mm dan 30-40 mm. Penggilingan dilakukan dengan memutar dengan kecepatan konstan sehingga terjadi pukulan antara *grinding* media. Adapun cara penggilingan bahan mentah ini ada dua jenis proses yaitu dengan proses basah dan proses kering.

a. Proses Basah

Pada proses penggilingan basah, campuran bahan mentah digiling dalam *Raw Mill* dengan menambahkan air dengan kadar tertentu, biasanya berkisar 30-37 %. Hasil penggilingan bahan mentah berupa lumpur yang disebut dengan *slurry*. Agar *slurry* yang dihasilkan homogen, maka dilakukan proses *homogenizing*, yaitu mengaduk *slurry* secara mekanik atau menggunakan udara tekan di dalam bak penampungan. Sejak Pabrik Indarung I dituutp, proses basah tidak dilakukan lagi mengingat efisiensi dan angka suku cadang peraltannya, akan tetapi masih tetap dirawat dengan baik.

b. Proses Kering

Pada proses ini, dilakukan pengeringan bahan mentah pada saat penggilingannya atau disebut dengan *drying, during, grinding*. Untuk mengeringkan material digunakan gas panas yang keluar dari *Kiln* dengan suhu sekitar 350°C. Material keluaran dari *Raw Mill* ini berbentuk bubuk tepung

bersuhu 80°C dengan kandungan air $< 1\%$ yang disebut dengan Raw Meal (*Raw Mix*). Dari *Raw Mill*, *Raw Mix* dibawa ke *separator* untuk dilakukan pemisahan material yang kasar dan halus. Material yang masih kasar diumpungkan kembali ke *Raw Mill* untuk digiling kembali dan material yang sudah halus dimasukkan ke dalam silo *Raw Mix*, yaitu tempat penyimpanan sementara dan tempat dilakukannya homogenisasi.

2.4.4 Pembakaran (kiln)

Setelah melalui proses homogenisasi di dalam silo, *Raw Mix* diumpungkan ke *Kiln Mill* untuk proses pembakaran seperti yang terlihat pada gambar 2.12.



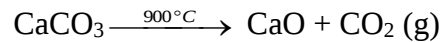
Gambar 2.12 Kiln Indarung VI

Tujuan utama dari pembakaran adalah untuk menghasilkan reaksi-reaksi kimia dan pembentukan senyawa di antara oksida-oksida yang terdapat pada bahan mentah. Pembakaran ini dilakukan hingga mencapai suhu maksimum, yaitu 1450°C . Pada tahap pembakaran ini terjadi beberapa proses, yaitu :

1. Pengeringan
2. Pemanasan pendahuluan
3. Kalsinasi
4. Pemijaran
5. Pendinginan

Raw Mix dibawa ke *pre-heater* yang disebut dengan *suspention pre-heater*. Di sini dilakukan penguapan lanjutan atau pemanasan awal pada *Raw Mix* dengan gas panas dengan suhu 800°C - 900°C . Di samping itu, dilakukan proses

penguraian material untuk mendapatkan kapur CaO dari senyawa CaCO₃ atau dikenal dengan kalsinasi, dengan persamaan reaksi :



Dari *pre-heater*, *Raw Mix* diumpankan ke *kiln* . *Kiln* berupa tabung besi dengan diameter 5,6 m dan panjang 84 m. *Kiln* dipasang dengan kedudukan miring kira-kira 30° dan diputar dengan kecepatan konstan (maksimal 5 rpm) agar pembakaran sempurna dan merata.

Bahan bakar yang digunakan untuk pembakaran ini adalah batu bara yang dihaluskan pada *Coal Mill*. Proses penggilingan batu bara juga bertujuan untuk memisahkan material dari udara. Udara yang terpisah di buang untuk sirkulasi, sedangkan material yang halus disimpan pada *Coal Hopper*. Penyaluran serbuk batu bara sebagai bahan bakar di lakukan dengan menggunakan *fan*.

Material yang telah mengalami pemijaran atau pembakaran di dalam *kiln* , selanjutnya didinginkan oleh alat pendingin (*Cooler*) yang terletak pada bagian pangkal *kiln*. *Cooler* yang memiliki panjang 15 m ini mendinginkan material yang panas dengan mengalirkan udara dari luar. Material yang keluar dari *kiln* ini disebut dengan terak/*clinker* yang memiliki suhu 150° - 200°C. *Clinker* ini kemudian disimpan di silo *Clinker* untuk didinginkan.

2.4.5 Penggilingan Hasil Pembakaran (Clinker)

Pada tahap ini, *Clinker* yang telah didinginkan di dalam silo diumpankan bersama Gypsum sekitar 3 – 6 % ke dalam *Cement Mill* (Tromol Cement). Fungsi gypsum dalam semen adalah sebagai *retarder*, yaitu bahan yang dapat mengendalikan reaksi sewaktu pengerasan semen, sehingga semen tidak terlalu cepat mengeras setelah di campur dengan air.

Di dalam *Cement Mill*, *Clinker* yang berukuran 1- 40 mm digiling bersama gypsum sampai mencapai tingkat kehalusan tertentu dengan menggunakan grinding media. Hasil penggilingan dalam *Cement Mill* berupa semen siap pakai yang diangkut menggunakan *bucket elevator* menuju separator. Pada separator ini, dilakukan pemisahan material yang halus dengan yang kasar. Material yang kasar

diumpankan kembali menuju *mill*, sedangkan semen yang halus dimasukkan ke dalam silo semen dan siap untuk di kantongkan dan ditransportasikan.

2.4.6 Pengantongan (Packing Plant)

Proses pengantongan dilakukan sesuai dengan distribusi yang dibutuhkan. Jadi tidak ada penumpukan atau gudang semen untuk semen yang telah dikantongkan di pabrik ini. Semen yang akan didistribusikan ke wilayah yang relatif dekat, dilayani dengan menggunakan truk seperti Sumatera Barat, Jambi, dan Tapanuli Selatan yang pengantongannya dilakukan di Indarung. Sedangkan pengantongan untuk pemasaran yang akan di transportasikan melalui kapal laut dilakukan di Teluk Bayur.

Semen yang diambil dari silo semen langsung menuju unit pengantongan dengan menggunakan alat transportasi *Air Slide Conveyor*. Setelah dikantongkan, semen langsung dibawa dengan *Belt Conveyor* ke atas truk.

Pengantongan Semen PT. Semen Padang Indonesia dilakukan pada dua tempat yaitu *Packing Plant* Indarung (PPI) dan *Packing Plant* Teluk Bayur (PPTB). Pada PPI terdapat 10 unit *packer* dan di Teluk Bayur terdapat 7 unit *packer*. Setiap unit merupakan *rotary packer* dengan 10 spout dan berkapasitas 80 ton/jam. Pengangkutan semen menuju Teluk Bayur, juga tersedia *Packing Plant* di belawan, Batam, dan Tanjung Priok. Dengan adanya *Packing Plant* di beberapa daerah maka semen dikirimkan dalam bentuk curah.

2.5 Produk-produk yang Dihasilkan

PT. Semen Padang memproduksi beberapa jenis semen dengan perincian sebagai berikut :

a. Portland Cement

Merupakan perekat hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak atau klinker yang kandungan utamanya kalsium silikat dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan yaitu berupa kristal senyawa kalsium sulfat. Semen Portland ini ada lima tipe dengan spesifikasi tersendiri yaitu:

1. Semen Portland Tipe I

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. Berikut merupakan gambar Semen Portland Tipe I.



Gambar 2.13 Semen Portland Tipe I

Standar:

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

2. Semen Portland tipe II

Spesifikasi untuk konstruksi dengan ketahanan sulfat sedang (0,1-0,2%) dengan kadar C_3A kurang dari 8%, misalnya untuk bangunan di tepi laut, bangunan di bekas tanah rawa, saluran irigasi beton masa untuk dam-dam dan landasan jembatan serta bangunan pengolahan limbah. Berikut merupakan gambar Semen Portland Tipe II.



Gambar 2.14 Semen Portland Tipe II

Standar :

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

3. Semen Portland Tipe III

Spesifikasi cepat keras pada umur muda, kandungan C_3S dan C_3A tinggi, butiran halus, dipakai untuk konstruksi bangunan yang memerlukan kekuatan tekan tinggi seperti bangunan bertingkat, beton pra cetak dan pra tekan serta bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan sulfat. Berikut merupakan gambar Semen Portland Tipe III.



Gambar 2.15 Semen Portland Tipe III

Standar :

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

4. Semen Portland Tipe V

Spesifikasi untuk bangunan yang tahan panas hidrasi rendah seperti instalasi pengolahan limbah dan konstruksi dalam air. Berikut merupakan gambar Semen Portland Tipe V.



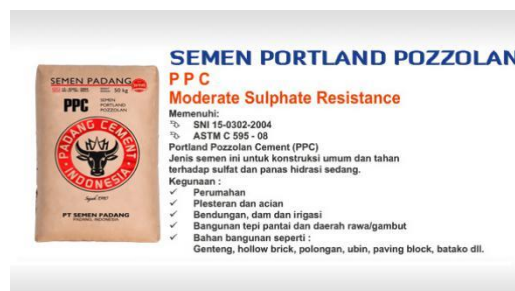
Gambar 2.16 Semen Portland Tipe V

Standar :

- (a) Standar Nasional Indonesia : SNI 15-2049-2004
- (b) American Society for Testing and Materials : ASTM C 150-05

b. Portland Pozzolan Cement (PPC)

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. Berikut merupakan gambar Portland Pozzolan Cement (PPC).



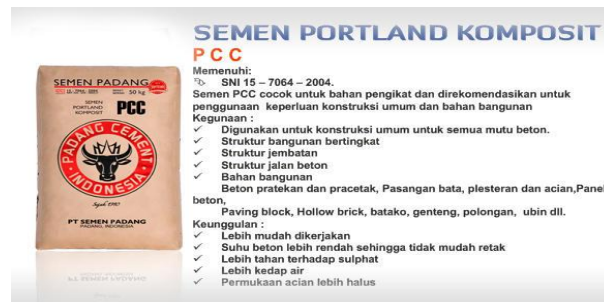
Gambar 2.17 Portland Pozzolan Cement

Standar :

- (a) Standar Nasional Indonesia : SNI 15-0302-2004
- (b) American Society for Testing and Materials : ASTM C 595-05

c. Portland Composit Cement (PCC)

Produk ini adalah jenis semen yang menggunakan banyak klinker dan sedikit gypsum untuk pembuatannya, kualitas semen nya pun lebih baik dibandingkan dengan portland pozzolan cement. Semen portland komposit ini banyak digunakan untuk konstruksi umum seperti: pekerjaan beton, pemasangan bata, selokan, jalan, pagar dinding dan pembuatan elemen bangunan khusus seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton, bata beton (*paving block*) dan lain sebagainya. Berikut merupakan gambar Portland Composit Cement (PCC).



Gambar 2.18 Portland Komposit Cement

d. Oil Well Cement

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. Berikut merupakan gambar Oil Well Cement.



Gambar 2.19 Oil Well Cement

Standar :

- (a) Standar Nasional Indonesia : SNI 15-0302-2004
- (b) American Society for Testing and Materials : ASTM C-91/1993 tipe M

e. Super Mansory Cement

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

2.6 Kapasitas Produksi

PT. Semen Padang (persero) saat ini mempunyai kapasitas terpasang 8.240.000 ton per tahun dengan 5 unit pabrik yaitu:

- a. Pabrik Indarung I : tidak beroperasi
- b. Pabrik Indarung II : 660.000 ton per tahun
- c. Pabrik Indarung III : 660.000 ton per tahun
- d. Pabrik Indarung IV : 1.620.000 ton per tahun
- e. Pabrik Indarung V : 2.300.000 ton per tahun
- f. Pabrik Indarung VI : 3.000.000 ton per tahun

2.7 Sumber Energi Listrik PT. Semen Padang

PT. Semen Padang yang terdiri dari enam pabrik (Pabrik Indarung I sampai dengan Pabrik Indarung VI) dan pertambangan, dalam operasionalnya menggunakan energi listrik yang cukup besar. Sebagian besar energi listrik digunakan untuk proses produksi, instalasi penerangan dan perkantoran.

Total energi listrik yang dibutuhkan oleh PT. Semen Padang sekitar 126,7 MW yang terdiri dari 1,4 MW untuk operasional non pabrik dan sekitar 125,3 MW untuk operasional pabrik.

Tabel 2. 1 Kebutuhan Energi Listrik PT. Semen Padang

No	Pabrik	Daya (MW)
1	Pabrik Indarung I	1,8
2	Pabrik Indarung II	11
3	Pabrik Indarung III	13
4	Pabrik Indarung IV	24
5	Pabrik Indarung V	34
6	Pabrik Indarung VI	39
7	Tambang	2,5
8	Non Pabrik	1,4
Total		126,7

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

2.7.1 Perusahaan Listrik Negara (PLN)

Konsumsi daya listrik PT. Semen Padang yang dikontrak dari PLN saat ini sebesar 90 MVA dan 50 MVA digunakan untuk menjalankan peralatan pada pabrik Indarung II, III, IV, V, VI, kebutuhan tambang dan kebutuhan non pabrik. Untuk itu PLN mensuplai tenaga listrik dari Ombilin dan Solok I serta Teluk sirih yang disalurkan melalui transmisi tegangan tinggi 150 kV.

Untuk keandalan sistem, maka suplai tersebut telah diinterkoneksi agar suplai tidak terputus jika terjadi gangguan pada salah satu suplai tenaga tersebut. Pada GI Semen Padang terpasang transformator 8x30 MVA yang berasal dari saluran transmisi 150 kV. Sebelum didistribusikan tegangan listrik sebesar 150 kV diturunkan menjadi 6,3 kV menggunakan trafo *step down* 150 kV/6,3 kV dengan kapasitas 8x30 MVA. Pengaturan tegangan listrik dilakukan dengan sistem OLTC (*On Load Tap Changer*) secara otomatis maupun secara manual, yang bertujuan untuk menstabilkan tegangan 6,3 kV yang keluar dari sisi sekunder trafo. Untuk mendistribusikan tenaga listrik tersebut, GI PTSP memiliki 44 feeder. Gambar feeder pada GI Semen Padang terdapat pada Lampiran 1, 2 dan 3.

2.7.2 Pembangkit Sendiri

Selain menggunakan sumber tenaga listrik dari PLN, PT. Semen Padang juga memiliki pembangkit listrik sendiri. Berdasarkan tenaga pembangkitnya, maka pembangkit sendiri yang dimiliki oleh PT. Semen Padang terdiri dari :

- a. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

1. PLTA Rasak Bunga

PLTA Rasak Bunga memperoleh sumber air dari Sungai Lubuk Perakudan Sungai Air Baling. Kedua sumber air ini bertemu pada dam air baling untuk diarahkan ke kanal yang panjangnya sekitar 1,5 km menuju bak penampungan sebagai tempat pengendapan pasir dan kerikil. Kemudian dari bak penampungan ini air tersebut diteruskan ke rumah pembangkit (*Power House*) terdiri dari turbin dan generator. PLTA Rasak Bunga memiliki dua generator dengan kapasitas terpasang 2x690 kVA dengan tegangan yang dibangkitkan 3 kV.

2. PLTA Batu Busuk atau Kuranji

PLTA Kuranji memperoleh sumber air dari Sungai Padang Jernih dan Sungai Padang Keruh yang bertemu pada Dam Patamuan untuk diarahkan ke kanal yang panjangnya sekitar 3,2 km menuju bak penampungan. PLTA Kuranji memiliki 4 generator dengan kapasitas terpasang 3x690 kVA dengan tegangan yang dibangkitkan 3 kV dan 1x5000 kVA dengan tegangan yang dibangkitkan 6 kV.

b. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)

PLTD adalah suatu cara untuk membangkitkan tenaga listrik, dimana generatornya mendapatkan energi mekanik dari mesin diesel. Energi ini diperoleh dari pembakaran bahan bakar atau minyak diesel. Bahan bakar yang digunakan adalah solar, dengan pemakaian sebanyak 80 ton/hari.

Mesin diesel yang digunakan ada 2 tipe, yaitu :

- Tipe L (*In-Line Engine*)
- Tipe V (*Vee Engine*)

Prinsip kerja kedua tipe ini hampir sama, hanya saja terdapat perbedaan pada konstruksinya. Pada tipe L, silindernya disusun sebaris dan masing-masing silinder berdiri tegak pada tiap barisnya. Sementara itu, pada mesin diesel tipe V silindernya disusun dua buah tiap baris dengan susunan membentuk huruf V.

Berikut adalah keuntungan mesin diesel tipe V dibandingkan dengan tipe L:

- Ukurannya lebih kecil
- Daya yang dihasilkan lebih besar

- Getaran (vibrasi) lebih rendah

PT. Semen Padang memiliki dua buah pembangkit listrik tenaga diesel, yaitu:

1. PLTD (Pabrik Indarung I)

PLTD I menggunakan mesin diesel tipe L, yang terdiri dari enam unit generator dengan kapasitas terpasang 3x640 kVA, 1x2000 kVA dan 2x3000 kVA, dengan tegangan yang dibangkitkan sebesar 3 kV

2. PLTD (Pabrik Indarung II)

PLTD II menggunakan mesin diesel tipe V, yang terdiri dari tiga unit generator dengan kapasitas terpasang 3x6250 kVA dan tegangan yang dibangkitkan sebesar 6,3 kV. Unit PLTD di PT. Semen Padang ini, di-start dengan cara kompresi udara. Teknis kerja yang digunakan adalah antara 15 – 30 kg/cm². Start mesin diesel ini menggunakan rangkaian pembantu yang memanfaatkan energi listrik dari PLTA. Tenaga listrik yang dibangkitkan oleh PLTA dan PLTD dikirim dan dikumpulkan pada rel utama Indarung I dan rel utama Indarung II sebelum didistribusikan ke beban.

BAB III

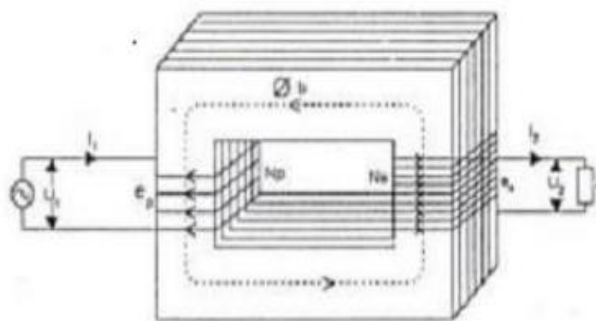
LANDASAN TEORI

3.1 Transformator Daya

Transformator adalah suatu alat listrik statis yang dipergunakan untuk mengubah tegangan bolak-balik menjadi lebih tinggi atau lebih rendah dan digunakan untuk memindahkan energi dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian lainnya tanpa mengubah frekuensi. Transformator disebut peralatan statis karena tidak ada bagian yang bergerak atau berputar, tidak seperti motor atau generator. Dalam bentuknya yang paling sederhana, transformator terdiri atas dua kumparan dan dua induktansi mutual. Dua kumparan tersebut terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder.

Kumparan primer adalah kumparan yang menerima daya dan dinyatakan sebagai terminal masukan dan kumparan sekunder adalah kumparan kumparan yang melepas daya dan dinyatakan sebagai terminal keluaran. Kedua kumparan dibelit pada suatu inti yang terdiri atas material magnetik berlaminasi. Secara sederhana transformator dapat dibagi menjadi 3 bagian, yaitu lilitan primer, lilitan sekunder dan inti besi. Lilitan primer merupakan bagian transformator yang terhubung dengan sumber energi (catu daya).

Lilitan sekunder merupakan bagian transformator yang terhubung dengan rangkaian beban. Sedangkan inti besi merupakan bagian transformator yang bertujuan untuk mengarahkan keseluruhan fluks magnet yang dihasilkan oleh lilitan primer agar masuk ke lilitan sekunder.



Gambar 3. 1 Transformator

Keterangan Gambar:

U_1 : Tegangan Primer

U_2 : Tegangan Sekunder

I_1 : Arus Primer

I_2 : Arus Sekunder

E_p : GGL Induksi pada kumparan primer

E_s : GGL Induksi pada kumparan Sekunder

N_p : Lilitan primer

N_s : Lilitan sekunder

Φ_b : Fluks magnet bersama

Z : Beban

3.1.1 Prinsip Dasar Transformator Daya

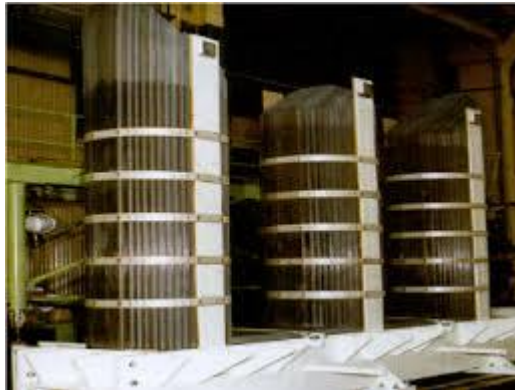
Transformator terdiri dari dua gulungan kawat yang terpisah satu sama lain, yang dibelikan pada inti yang sama. Daya listrik dipisahkan dari kumparan primer ke kumparan sekunder dengan perantaraan garis gaya magnet (fluks magnet) yang dibangkitkan oleh aliran listrik yang mengalir melalui kumparan primer. Untuk dapat membangkitkan tenaga listrik pada kumparan sekunder, fluks magnet yang dibangkitkan oleh kumparan primer harus berubah-ubah. Untuk mengetahui hal ini, aliran listrik yang mengalir melalui kumparan primer haruslah aliran listrik bolak-balik. Saat kumparan primer dihubungkan ke sumber listrik AC, pada kumparan primer timbul gaya gerak magnet (GGM) bersama bolak-balik juga. Dengan adanya GGM ini di sekitar kumparan primer timbul fluks magnet bersama dan pada ujung-ujung kumparan sekunder timbul gaya gerak listrik (GGL) induksi sekunder. Hal ini mengakibatkan timbul gaya gerak magnet pada kumparan sekunder dan akibatnya pada beban timbul tegangan sekunder

3.1.2 Bagian-bagian Transformator Daya dan Fungsinya

a. Bagian Utama

1. Inti Besi

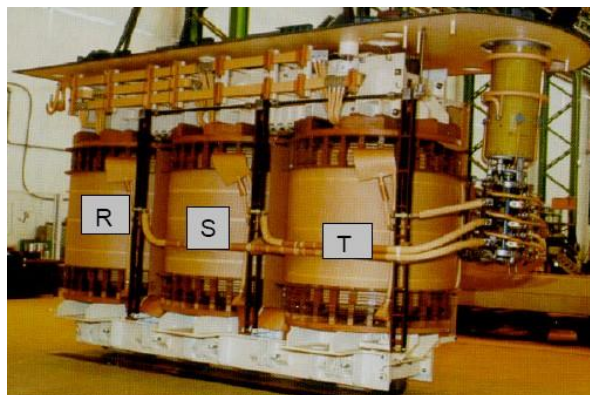
Inti besi (electromagnetic circuit) digunakan sebagai media jalannya fluks yang timbul akibat induksi arus bolak-balik pada kumparan yang mengelilingi inti besi sehingga dapat menginduksi kembali ke kumparan yang lain. Dibentuk dari lempengan-lempengan besi tipis berisolasi yang disusun sedemikian rupa



Gambar 3. 2 Inti Besi Transformator

2. Kumparan Transformator

Kumparan transformator adalah beberapa lilitan kawat berisolasi yang membentuk suatu kumparan atau gulungan. Kumparan tersebut terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder yang diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap antar kumparan dengan isolasi padat seperti karton, pertinak, dan lain-lain. Kumparan tersebut sebagai alat transformasi tegangan dan arus.



Gambar 3. 3 Kumparan Transformator

3. Minyak Transformator

Di dalam sebuah transformator terdapat dua komponen yang secara aktif “membangkitkan” energi panas, yaitu besi (inti) dan tembaga (kumparan). Bila energi panas tidak disalurkan melalui suatu sistem pendinginan akan mengakibatkan besi maupun tembaga akan mencapai suhu yang tinggi, yang akan merusak nilai isolasinya. Untuk maksud pendinginan itu, kumparan dan inti dimasukkan ke dalam suatu jenis minyak yang dinamakan minyak transformator.

Minyak transformator mempunyai fungsi ganda, yaitu pendinginan dan isolasi. Fungsi isolasi ini mengakibatkan berbagai ukuran dapat diperkecil. Perlu dikemukakan bahwa minyak transformator harus memiliki mutu yang tinggi dan senantiasa berada dalam keadaan bersih. Disebabkan energi panas yang dibangkitkan dari inti maupun kumparan, suhu minyak akan naik. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya perubahan-perubahan pada minyak transformator.



Gambar 3. 4 Minyak Transformator

4. Bushing

Bushing merupakan komponen penting dari transformator yang berada di bagian luar transformator. Fungsinya sebagai penghubung antara kumparan transformator dengan jaringan di luar transformator. Bushing

terdiri dari sebuah konduktor yang terhubung dengan kumparan yang berada di dalam transformator dan konduktor tersebut diselubungi oleh bahan isolator. Bahan isolator berfungsi sebagai media isolasi antara konduktor bushing dengan badan tangki utama transformator. Secara garis besar, bushing terdiri dari empat bagian utama, yaitu konduktor, isolator, klem koneksi, dan aksesoris.



Gambar 3. 5 Bushing

5. Tangki Konservator

Saat terjadi kenaikan suhu operasi pada transformator, minyak isolasi akan memuai sehingga volumenya bertambah. Sebaliknya saat terjadi penurunan suhu operasi, maka minyak akan menyusut dan volume minyak akan turun. Konservator digunakan untuk menampung minyak pada saat transformator mengalami kenaikan suhu. Seiring dengan naik turunnya volume minyak di konservator akibat pemuaian dan penyusutan minyak, volume udara didalam konservator pun akan bertambah dan berkurang.

Penambahan atau pembuangan udara di dalam konservator akan berhubungan dengan udara luar. Agar minyak isolasi transformator tidak terkontaminasi oleh kelembapan dan oksigen dari luar, maka udara yang akan masuk ke dalam konservator akan difilter melalui silica gel. Untuk menghindari agar minyak tidak berhubungan langsung dengan udara luar, maka saat ini konservator dirancang dengan menggunakan breather

bag/rubber bag, yaitu sejenis balon karet yang dipasang di dalam tangki konservator.



Gambar 3. 6 Tangki Konservator

b. Peralatan Bantu

1. Pendingin

Pendingin pada transformator berfungsi untuk menjaga agar transformator bekerja pada suhu rendah. Pada inti besi dan kumparan kumparan akan timbul panas akibat rugi-rugi tembaga. Panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan dan hal ini akan merusak isolasi. Maka untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebihan tersebut transformator perlu dilengkapi dengan sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar transformator.

Secara alamiah media pendingin (minyak isolasi) mengalir karena perbedaan suhu tangki minyak dan sirip-sirip transformator (radiator). Untuk mempercepat pendinginan transformator dilengkapi dengan kipas yang dipasang di radiator transformator dan pompa minyak agar sirkulasi minyak lebih cepat dan pendinginan lebih optimal.

Macam-macam sistem pendingin transformator berdasarkan media dan cara pengalirannya dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Tipe Pendingin Transformator Menurut Standar IEC

No	Macam- Macam Pendingin	Media			
		Dalam Transformator		Luar Transformator	
		Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa	Sirkulasi Alamiah	Sirkulasi Paksa
1	AN	-	-	Udara	-
2	AF	-	-	-	Udara
3	ONAN	Minyak	-	Udara	-
4	ONAF	Minyak	-	-	Udara
5	OFAN	-	Minyak	Udara	-
6	OFAF	-	Minyak	-	Udara
7	OFWF	-	Minyak	-	Air
8	ONAN/ONAF	Kombiasi 3 dan 4			
9	ONAN/OFAN	Kombiasi 3 dan 5			
10	ONAN/OFAF	Kombiasi 3 dan 6			
11	ONAN/OFWF	Kombiasi 3 dan 7			

2. Tap Changer

Tap changer merupakan alat penstabil tegangan keluaran pada sisi sekunder transformator daya. Prinsip kerja alat ini adalah dengan mengubah jumlah kumparan primer yang memiliki input tegangan yang berubah-ubah untuk mendapatkan nilai tegangan output yang konstan.

3. Alat Pernapasan (Dehydrating Breather)

Perubahan temperature didalam maupun diluar transformator mengakibatkan perubahan pada temperature pada minyak isolasi transformator. Kualitas isolasi minyak transformator akan menurun bila dalam kandungan minyak tersebut terdapat banyak kandungan gas dan air.

Gas-gas dan air tersebut berasal dari kelembaban dan kontaminasi oksigen dari udara luar. Saat level temperature minyak meningkat, maka transformator akan mendesak udara untuk keluar dari transformator.

Sebaliknya, saat level temperature minyak menurun, maka udara luar akan masuk kembali ke dalam transformator. Untuk mencegah terjadinya kontaminasi minyak transformator terhadap udara luar yang masuk kembali ke transformator, maka sebuah transformator daya dilengkapi dengan alat pernapasan berupa tabung yang berisi zat Kristal (silica gel) yang terpasang di bagian luar transformator.

4. NGR (Neutral Grounding Resistance)

NGR adalah sebuah tahanan yang dipasang serial dengan netral sekunder pada transformator sebelum terhubung ke ground/tanah. Tujuan dipasangnya NGR adalah untuk mengontrol besarnya arus gangguan yang mengalir dari sisi netral ke tanah. Ada dua jenis NGR, yaitu liquid dan solid. Resistor pada liquid menggunakan larutan air murni yang ditampung di dalam bejana dan ditambahkan garam (NaCl) untuk mendapatkan nilai resistansi yang diinginkan. Sedangkan solid terbuat dari stainless steel, FeCrAl, Cast Iron, Copper Nickel atau Nichrome yang diatur sesuai nilai tahananannya.

5. Indikator-indikator

Indikator transformator terdiri dari:

- Indikator Suhu Minyak
- Indikator permukaan minyak
- Indikator suhu winding
- Indikator kedudukan tap

3.1.3 Gangguan Pada Transformator

a. Gangguan Dalam

Gangguan dalam (internal faults) adalah gangguan yang disebabkan karena adanya gangguan yang terjadi di dalam transformator, gangguan itu antara lain:

1. Terjadi busur api yang kecil dan pemanasan lokal yang dapat disebabkan oleh:
 - Cara penyambungan konduktor yang tidak baik
 - Kontak-kontak listrik yang tidak baik
 - Kerusakan isolasi antara inti baut
2. Gangguan pada sistem pendingin. Sebagaimana diketahui, banyak transformator daya mempergunakan minyak transformator sebagai isolasi yang sekaligus merupakan bahan pendingin. Suatu kenyataan adalah bahwa terjadinya suatu gangguan atau kerusakan di dalam transformator, maka dalam minyak itu akan terbentuk sejumlah gas.
3. Arus sirkulasi pada transformator yang bekerja parallel
4. Gangguan hubung singkat. Pada umumnya gangguan ini dapat dideteksi karena akan selalu timbul arus maupun tegangan yang tidak normal/tidak seimbang. Jenis gangguan ini antara lain, hubung singkat antar belitan, yaitu:
 - Hubung singkat antara kumparan dengan tanah
 - Hubung singkat dua fasa,
 - Kerusakan pada isolator transformator

b. Gangguan Luar

Jenis gangguan luar (external faults) ini dapat dibedakan atas dua macam , yaitu:

1. Hubung singkat luar

Hubung singkat jenis ini terjadi di luar transformator daya, misalnya: hubung singkat di bus, hubung singkat di feeder dan gangguan hubung singkat di sistem yang merupakan sumber bagi transformator daya tersebut. Gangguan ini dapat dideteksi karena timbulnya arus yang sangat besar, mencapai beberapa ratus kali arus nominalnya.

2. Overload

Transformator daya dapat beroperasi secara terus menerus pada beban nominalnya. Apabila beban yang dilayani lebih besar 100 %, transformator daya akan mendapat pemanasan lebih. Kondisi ini memungkinkan tidak

segera menimbulkan kerusakan pada transformator daya, tetapi apabila berlangsung secara terus-menerus akan mengakibatkan umur isolasi bertambah pendek.

Keadaan beban lebih berbeda dengan keadaan arus lebih. Pada beban lebih, besar arusnya kira-kira 10 % di atas nominal dan dapat diputuskan setelah berlangsung beberapa puluh menit. Sedangkan pada arus lebih, besar arus mencapai beberapa kali arus nominal dan harus secepat mungkin diputuskan.

3.2 Transformator Arus

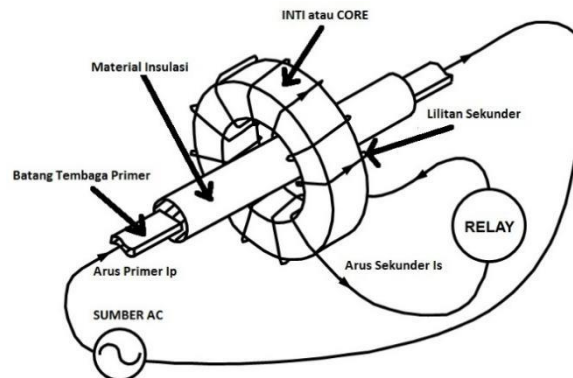
Trafo Arus (Current Transformator) yaitu peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran besaran arus pada instalasi tenaga listrik disisi primer (TET, TT dan TM) yang berskala besar dengan melakukan transformasi dari besaran arus yang besar menjadi besaran arus yang kecil secara akurat dan teliti untuk keperluan pengukuran dan proteksi.

Sistem pengukuran besaran listrik pada jaringan tenaga listrik yang berkapasitas besar, harus menggunakan trafo pengukuran, yaitu trafo arus (current transformer) untuk besaran arus dan trafo tegangan (potential transformer) untuk besaran tegangan dan merubahnya menjadi besaran pengukuran (sekunder). Dengan besaran sekunder ini, maka peralatan ukur (meter dan proteksi) dapat dirancang lebih fleksibel, sehingga hasil pengukurannya lebih akurat dan presisi.

Trafo arus adalah trafo yang dirancang khusus untuk fungsi pengukuran arus pada rangkaian primer dan mengkonversinya menjadi besaran sekunder. Fungsi trafo arus (CT):

1. Mengkonversi besaran arus pada sistem tenaga listrik dari besaran primer menjadi besaran sekunder untuk keperluan sistem metering dan proteksi.
2. Mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer.
3. Standarisasi besaran sekunder, yaitu 1 A, 2 A dan 5 A.

3.2.1 Prinsip Kerja Transformator Arus



Gambar 3. 7 Transformator Arus

Prinsip kerja sederhana trafo arus:

1. Pada saat arus primer I_p mengalir pada lilitan primer, maka akan muncul medan magnet disekeliling lilitan primer tersebut.
2. Medan magnet tersebut akan terkumpul lebih banyak pada inti atau core. Medan magnet yang berputar di dalam inti atau core menghasilkan perubahan flux primer dan memotong lilitan sekunder sehingga menginduksikan tegangan pada lilitan sekunder sesuai hukum faraday.
3. Karena lilitan sekunder membentuk loop tertutup, maka akan mengalir arus sekunder I_s yang akan membangkitkan medan magnet untuk melawan flux magnet yang dihasilkan oleh belitan primer sesuai hukum lenz.

3.2.2 Aplikasi Trafo Arus

Berdasarkan penggunaan, trafo arus dikelompokkan menjadi dua kelompok dasar, yaitu; trafo arus metering dan trafo arus proteksi.

a. Trafo Arus Metering

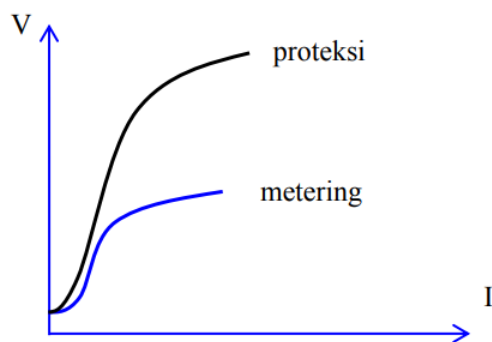
Trafo arus pengukuran untuk metering memiliki ketelitian tinggi pada daerah kerja (daerah pengenalnya) antara 5% - 120% arus nominalnya, tergantung dari kelas dan tingkat kejenuhan. Tingkat kejenuhan trafo arus metering relatif lebih

rendah dibandingkan trafo arus proteksi. Penggunaan trafo arus pengukuran untuk Amperemeter, Watt-meter, VARh-meter, Energi meter dan $\cos \phi$ meter.

b. Trafo Arus Proteksi

Trafo arus proteksi memiliki ketelitian tinggi sampai arus yang besar yaitu pada saat terjadi gangguan, dimana arus yang mengalir mencapai beberapa kali dari arus pengenalnya dan trafo arus proteksi mempunyai tingkat kejenuhan cukup tinggi.

Penggunaan trafo arus proteksi untuk rele arus lebih (OCR dan GFR), rele beban lebih, rele diferensial, rele daya dan rele jarak. Perbedaan mendasar trafo arus pengukuran dan proteksi adalah pada titik saturasinya seperti pada kurva saturasi dibawah.



Gambar 3. 8 Kurva I-V Pada Trafo Arus Metering dan Proteksi

Trafo arus untuk metering dirancang supaya lebih cepat jenuh dibandingkan trafo arus proteksi sehingga konstruksinya mempunyai luas penampang inti yang lebih kecil.

3.2.3 Klasifikasi Trafo Arus

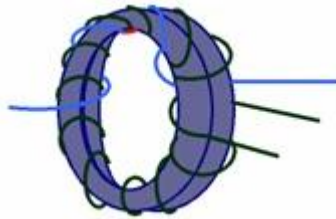
a. Trafo Arus Berdasarkan Konstruksi Belitan Primer

1. Sisi Primer Batang (*Bar Primary*)



Gambar 3. 9 Bar Primary CT

2. Sisi Primer Lilitan (Wound Primary)



Gambar 3. 10 Wound Primary CT

b. Trafo Arus Berdasarkan Konstruksi Jenis Inti

Berdasarkan konstruksi jenis inti, trafo arus dibagi menjadi dua kelompok:

1. Trafo Arus Dengan Inti Besi

Trafo arus dengan inti besi adalah trafo arus yang umum digunakan, pada arus yang kecil (jauh dibawah nilai nominal) terdapat kecenderungan kesalahan dan pada arus yang besar (beberapa kali nilai nominal) trafo arus akan mengalami saturasi.

2. Trafo Arus Dengan Inti Bukan Besi

Trafo arus dengan inti bukan besi tidak memiliki saturasi dan rugi histerisis, transformasi dari besaran primer ke besaran sekunder adalah linier di seluruh jangkauan pengukuran, contohnya adalah koil rogowski (rogowski coil).

c. Trafo Arus Berdasarkan Jenis Isolasi

Berdasarkan jenis isolasinya, trafo arus dibagi menjadi dua kelompok:

1. Trafo Arus Isolasi Minyak

Trafo arus isolasi minyak banyak digunakan pada pengukuran arus tegangan tinggi, umumnya digunakan pada pasangan di luar ruangan (outdoor) misalkan trafo arus tipe bushing yang digunakan pada pengukuran arus penghantar tegangan 70 kV dan 150 kV.

2. Trafo Arus Kering

Trafo arus kering biasanya digunakan pada tegangan menengah, umumnya digunakan pada pasangan dalam ruangan (indoor) misalnya trafo arus cast resin, trafo arus tipe cincin yang digunakan pada kubikel penyulang 20 kV.

d. Trafo Arus Berdasarkan Pemasangan

Berdasarkan lokasi pemasangannya, trafo arus dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Trafo Arus Pemasangan Luar Ruangan (*Outdoor*)

Trafo arus pemasangan luar ruangan memiliki konstruksi fisik yang kokoh, isolasi yang baik, biasanya menggunakan isolasi minyak untuk rangkaian elektrik internal dan bahan keramik/porcelain untuk isolator eksternal.



Gambar 3. 11 Trafo Arus Pemasangan Luar Ruangan

2. Trafo Arus Pemasangan Dalam Ruangan (*Indoor*)

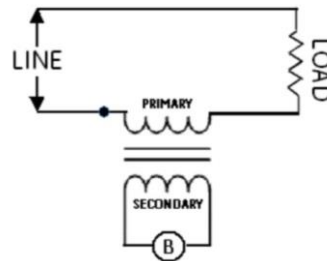
Trafo arus pemasangan dalam ruangan biasanya memiliki ukuran yang lebih kecil dari pada trafo arus pemasangan luar ruangan, menggunakan isolator dari bahan resin.



Gambar 3. 12 Trafo Arus Pemasangan Dalam Ruangan

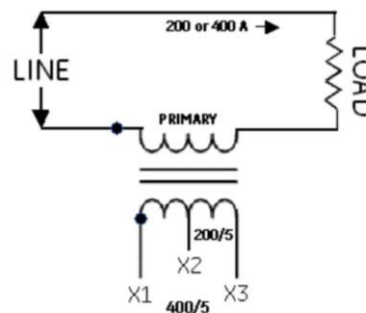
e. Trafo Arus Berdasarkan Rasio Transformasi

1. Rasio Tunggal



Gambar 3. 13 Trafo Arus Rasio Tunggal

2. Rasio Ganda



Gambar 3. 14 Trafo Arus Rasio Ganda

3.3 Sistem Proteksi Tenaga Listrik

Pada sistem tenaga listrik, sistem proteksi adalah alat perlindungan atau isolasi pada bagian yang memungkinkan akan terjadi gangguan atau bahaya. Tujuan utama proteksi adalah untuk mencegah terjadinya gangguan atau memadamkan gangguan yang telah terjadi dan melokalisirnya dan membatasi pengaruh-pengaruhnya, biasanya dengan mengisolir bagian-bagian yang terganggu tanpa mengganggu bagian-bagian yang lain.

Sistem proteksi ini mendeteksi kondisi abnormal dalam suatu rangkaian listrik dengan mengukur besaran-besaran listrik yang berbeda antara kondisi normal dengan kondisi abnormal. Ada beberapa kriteria yang perlu diketahui pada pemasangan suatu sistem proteksi dalam suatu rangkaian sistem tenaga listrik, yaitu:

a. Sensitivitas

Sensitivitas adalah kepekaan rele proteksi terhadap segala macam gangguan dengan tepat yakni gangguan yang terjadi di daerah perlindungannya. Sensitivitas suatu proteksi ditentukan oleh nilai terkecil dari besaran penggerak saat peralatan proteksi mulai beroperasi. Nilai terkecil besaran penggerak berhubungan dengan nilai minimum arus gangguan dalam daerah yang dilindunginya.

b. Selektivitas dan diskriminatif

Selektif berarti suatu sistem proteksi harus dapat memilih bagian sistem yang harus diisolir apabila rele proteksi mendeteksi gangguan. Bagian yang dipisahkan dari sistem yang sehat sebisanya adalah bagian yang terganggu saja. Diskriminatif berarti suatu sistem proteksi harus mampu membedakan antara kondisi normal dan kondisi abnormal, ataupun membedakan apakah kondisi abnormal tersebut terjadi di dalam atau di luar daerah proteksinya.

c. Kecepatan

Sistem proteksi perlu memiliki tingkat kecepatan sebagaimana ditentukan sehingga meningkatkan mutu pelayanan, keamanan manusia, peralatan dan stabilitas operasi

d. Keandalan

Suatu sistem proteksi dapat dikatakan andal jika selalu berfungsi sebagaimana yang diharapkan. Sistem proteksi tersebut dikatakan tidak andal bila gagal bekerja pada saat dibutuhkan dan bekerja pada saat proteksi itu tidak seharusnya bekerja.

e. Ekonomis

Suatu perencanaan teknik yang baik tidak terlepas tentunya dari pertimbangan nilai ekonomisnya. Suatu rele proteksi yang digunakan hendaknya ekonomis mungkin dengan tidak mengesampingkan fungsi dan keandalannya.

3.3.1 Jenis-jenis Proteksi Transformator Daya

Rele yang biasa digunakan pada sebuah transformator daya sebagai pengaman pada saat terjadi gangguan adalah:

a. Relay Buchholz

Rele bucholz dipasang pada pipa main tank ke konservator ataupun dari OLTC ke konservator tergantung design trafonya apakah dikedua pipa tersebut dipasang rele bucholz. Relay bucholz berfungsi untuk mendeteksi dan mengamankan gangguan di dalam transformator yang menimbulkan gas. Selama transformator beroperasi normal, relay akan terisi penuh dengan minyak. Pelampung akan berada pada posisi awal.



Gambar 3. 15 Relay Bucholz

Bila terjadi gangguan yang terkecil didalam tangki transformator, misalnya hubung singkat dalam kumparan, maka akan menimbulkan gas. Gas yang terbentuk akan berkumpul dalam rele pada saat perjalanan menuju tangki konservator, sehingga level minyak dalam relay turun dan akan mengerjakan kontak alarm (kontak pelampung atas). Bila level minyak transformator turun secara perlahan-lahan akibat dari suatu kebocoran, maka pelampung atas akan memberikan sinyal alarm dan bila penurunan minyak tersebut terus berlanjut, maka pelampung bawah akan memberikan sinyal trip. Bila terjadi busur api yang besar, kerusakan minyak akan terjadi dengan cepat dan timbul surja tekanan pada minyak yang bergerak melalui pipa menuju ke relay bucholz.

b. Relay Jansen

Tap changer adalah alat yang terpasang pada transformator yang berfungsi untuk mengatur tegangan keluaran (sekunder) akibat beban maupun variasi tegangan pada sistem masuknya (input). Tap changer umumnya dipasang pada ruang terpisah pada ruang terpisah dengan ruang untuk tempat kumparan, dimaksudkan agar minyak tap changer tidak bercampur dengan minyak tangki utama. Untuk mengamankan ruang diverter switch apabila terjadi gangguan pada

sistem tap changer, digunakan pengaman yang biasa disebut rele jansen (buchholznya tap changer).

Relay buchholz tap changer (jansen) untuk mengamankan ruangan beserta isinya dari diverter switch. Relay jansen bekerja apabila ada desakan tekanan yang terjadi akibat flash over antar bagian bertegangan atau baguan bertegangan dengan body atau ada desakan aliran minyak karena gangguan eksternal.



Gambar 3. 16 Relay Jansen

Prinsip kerja dari relay jansen adalah adanya aliran minyak yang deras, ada tekanan minyak sehingga minyak mengalir ke konservator, goncangan minyak yang cukup besar dan semua itu menyebabkan katup akan berayun dan mengerjakan kontak tripping dan akhirnya akan melepas gangguan.

c. Relay Tekanan Lebih

Relay tekanan lebih berfungsi hampir sama seperti relay buchholz yaitu mengamankan transformator dari gangguan insternal. Bedanya relay ini hanya bekerja apabila terjadi kenaikan tekanan gas tiba-tiba yang disebabkan oleh hubung singkat.



Gambar 3. 17 Relay Tekanan Lebih

Berikut adalah komponen dan cara kerja dari relay tekanan lebih:

1. Tipe Membran

Plat tipis yang didesain sedemikian rupa yang akan pecah bila menerima tekanan melebihi desainnya. Membrane ini hanya sekali pakai sehingga bila pecah harus segera diganti yang baru.

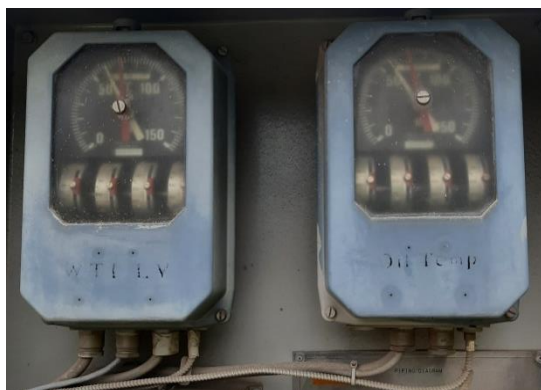
2. Pressure Relief Valve

Suatu katup yang ditekan oleh sebuah pegas yang didesain sedemikian rupa sehingga apabila terjadi tekanan didalam transformator melebihi tekanan pegas maka akan membuka dan membuang tekanan keluar bersama-sama sebagian minyak. Katup akan menutup kembali apabila tekanan didalam transformator turun atau lebih kecil dari tekanan pegas.

- d. Relay HV/LV Winding Temperature dan HV/LV Oil Temperature

Relay HV/LV temperature bekerja apabila suhu kumparan trafo melebihi *setting* dari pada relay HV/LV Winding, besarnya kenaikan suhu adalah sebanding dengan factor pembebanan dan suhu udara luar trafo. Urutan kerja relay suhu kumparan/winding ini dibagi 2 tahap:

1. Mengerjakan alarm (*winding temperature alarm*)
2. Mengerjakan perintah trip ke PMT (*winding temperature trip*)



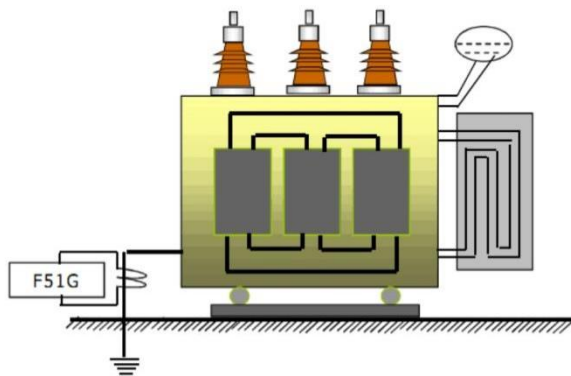
Gambar 3. 18 Relay HV/LV

e. Relay Arus Lebih

Relay arus lebih bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman yang telah ditentukan dan dalam jangka waktu yang telah diterapkan. Relay arus lebih akan pick up jika besar arus melebihi nilai *setting* yang telah ditentukan. Pada proteksi transformator daya, relay arus lebih digunakan sebagai tambahan bagi relay differensial untuk memberikan tanggapan terhadap gangguan luar. Relay ini digunakan untuk mengamankan peralatan terhadap gangguan dan beberapa hal dapat digunakan sebagai pengaman beban lebih.

f. Relay Tangki Tanah

Relay tangki tanah berfungsi untuk mengamankan trafo hubung singkat antara fasa dengan tangki trafo dan titik netral trafo yang ditanahkan. Relay tangki tanah yang terpasang, akan mendeteksi arus gangguan dari tangki trafo ke tanah, jika terjadi kebocoran isolasi dari belitan trafo ke tangki, arus yang mengalir ke tanah akan dideteksi relay arus lebih melalui CT. relay akan mentripkan PMT di kedua sisi (TT dan TM). Jadi arus gangguan kembali ke sistem melalui pembumian trafo.



Gambar 3. 19 Relay Tangki Tanah

g. Relay Differensial

Relay differensial berfungsi untuk mengamankan transformator terhadap gangguan hubung singkat yang terjadi di dalam daerah pengaman transformator. Relay ini merupakan pengaman utama (main protection) yang sangat selektif dan

cepat sehingga tidak perlu dikoordinir dengan relay lain dan tidak memerlukan time delay.



Gambar 3. 20 Relay Differensial SIEMEN SIPROTEC 7UT85

h. Relay Gangguan Tanah Terbatas

Relay gangguan tanah terbatas atau restricted earth fault (REF) berfungsi untuk mengamankan tranformator bila ada gangguan satu fasa ke tanah didekat titik netral transformator yang tidak dirasakan oleh relay differensial.



Gambar 3. 21 Relay Gangguan Tanah Terbatas

Tujuan Pemasangan Relay Proteksi Pada Transformator Daya

Maksud dan tujuan pemasangan relay proteksi pada transformator daya adalah untuk mengamankan peralatan/sistem sehingga kerugian akibat gangguan dapat dihindari atau dikurangi menjadi sekecil mungkin dengan cara:

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

BAB IV

PEMBAHASAN DAN PENGUJIAN

4.1 Main Transformator

Main Transformer atau transformator utama adalah suatu peralatan yang sangat vital yang berfungsi menyalurkan daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Pada transformator yang berada di Gardu Induk PT. Semen Padang ,transformator mengubah tegangan dari 150 KV menjadi 6,3 KV yang nantinya akan di salurkan ke 44 feeder yang ada di PT. Semen Padang

Gardu Induk PT. Semen Padang memiliki 8 buah Main Transformator untuk step down dan 1 buah Main Transformator untuk step up. Pada laporan praktik kerja lapangan ini, penulis memfokuskan untuk membahas penyetingan relay differensial pada transformator 8 yang menggunakan relay type SIEMENS SIPROTEC 7SJ82



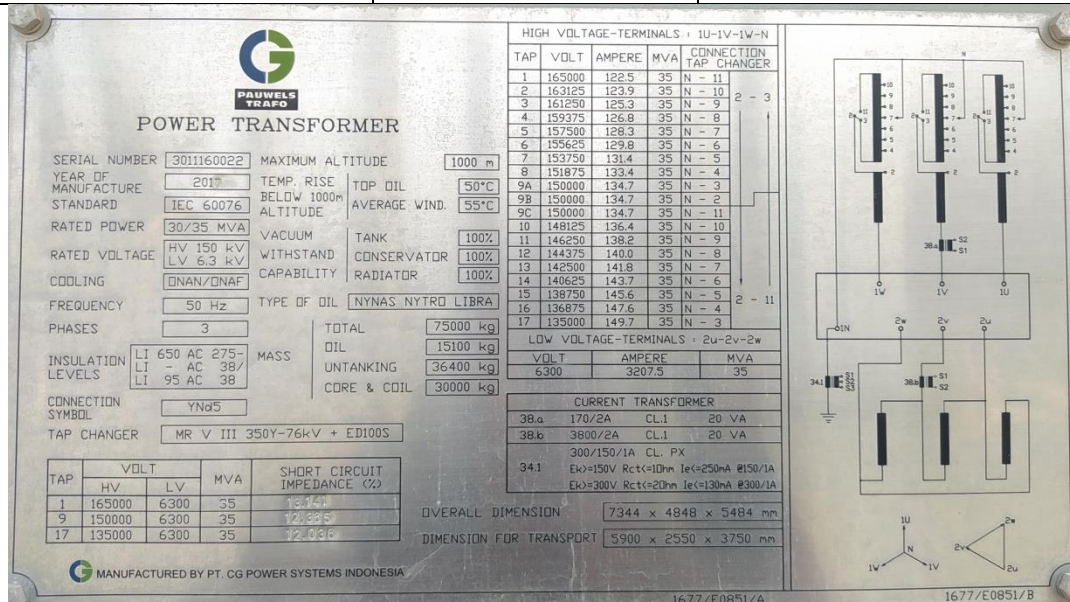
Gambar 4. 1 Main Transformator 8 Gardu Induk PT. Semen Padang

Adapun spesifikasi *Main* Transformator 8 pada Gardu Induk PT. Semen Padang adalah:

Tabel 4. 1 Spesifikasi Transformator 8 Gardu Induk PT. Semen Padang

Serial Number	3011160022	
Year of Manufacture	2017	
Standard	IEC 60076	
Rated Power	30/35 MVA	
Rated Voltage	HV 150 KV LV 6,3 KV	
Cooling	ONAN/ONAF	
Frequency	50 HZ	
Phases	3	
Insulation Levels	LI 650 AC 275- LI – AC 38/ LI 95 AC 38	
Connection Symbol	Ynd5	
Tap Changer	MR V III 350Y-76kV + ED100S	
Maximum Altitude	1000 m	
Temp.Rise Below 1000m Altitude	Top Oil	50 ⁰ C
	Average Wind	55 ⁰ C
Vacuum Withstand Capability	Tank	100%
	Conservator	100%
	Radiator	100%
Type of Oil	NYNAS NYTRO LIBRA	
MASS	TOTAL	75000 Kg

	OIL	15100 Kg
	UNTANKING	36400 Kg
	CORE & COIL	30000 Kg



Gambar 4. 2 Spesifikasi Transformator 8 Gardu Induk PT. Semen Padang

4.1.1 Sistem Proteksi Main Transformator 8

Sistem Proteksi Main Transformator pada Gardu Induk PT. Semen Padang menggunakan satu buah relay Proteksi Differensial type SIEMENS SIPROTEC 7UT85 yang didalamnya mencakup berbagai indikator.

1. Pickup PH A
2. Pickup PH B
3. Pickup PH C
4. Differensial Trip
5. Bucholz Trip
6. OTI M.T. Trip
7. WTI HV Trip
8. WTI LV Trip
9. PR OLTC Trip
10. PR MT Trip

11. OLTC Trip
12. REF
13. Under Volt

Pada main transformator 8 Gardu Induk PT. Semen Padang memiliki proteksi utama dan proteksi cadangan, dimana proteksi utamanya memakai relay differensial dan proteksi cadangannya memakai relay arus lebih yaitu OCR (*Over Current Relay*) dan GFR (*Ground Fault Relay*).

- a. Proteksi utama pada transformator 8 gardu induk PT. Semen Padang

Tabel 4. 2 Proteksi Utama Pada Transformator 8

Nomor Alat	Tipe	Fungsi	Lokasi
F871	7UT85	87T	Panel Proteksi

- b. Proteksi cadangan (*back-up*) pada transformator 8 gardu induk PT. Semen Padang

Tabel 4. 3 Proteksi Cadangan Pada Transformator 8

Nomor Alat	Tipe	Fungsi	Lokasi
F501	7SJ82	50/51	Panel Proteksi
F501	7SJ82	51N	Panel Proteksi

4.2 Relay Differensial

Relay differensial berfungsi melindungi transformator terhadap gangguan dari dalam (internal) transformator tersebut. Apabila terjadi gangguan dalam transformator, maka timbul selisih antara arus yang masuk dan keluar dari transformator bersangkutan dan selisih arus inilah yang mengoperasikan relay differensial ini.

Relay differensial bekerja dengan membandingkan arus yang masuk keluar. Ketika terjadi perbedaan maka relay akan mendeteksi adanya gangguan dan

menginstruksikan PMT untuk membuka (trip) apabila terjadi perbedaan. Perbedaan di sini adalah perbedaan nilai arus dan perbedaan besar fasa (stabilitas arus). Relay ini lebih efektif untuk menangani gangguan internal transformator.

Relay diferensial bekerja tanpa koordinasi dengan relay yang lain, sehingga kerja relay ini memerlukan waktu yang cepat. Berbeda dengan sifat relay yang lain, relay ini bersifat sangat selektif. Sifat selektif yang dimaksud adalah relay diferensial tidak akan bekerja pada saat normal atau gangguan di luar daerah pengamanan. Relay ini juga tidak dapat dijadikan sebagai pengaman cadangan dan relay ini memiliki daerah pengamanan yang dibatasi oleh trafo arus (CT).

Prinsip kerja relay diferensial adalah membandingkan dua vektor arus atau lebih yang masuk ke relay. Prinsip ini berdasarkan pada Hukum Khirchoff 1, yaitu jumlah arus masuk I1 harus sama dengan arus yang keluar dari I2 atau sebaliknya.

$$I_{diferensial} = I_d = \bar{I}_1 + \bar{I}_2$$

Dengan keadaan normal atau tidak terjadi gangguan:

$$I_{diferensial} = I_d = \bar{I}_1 + \bar{I}_2 = 0$$

$$I_1 = I_2$$

Dimana:

Id = Nilai arus diferensial

I1 = Nilai arus sekunder CT 1

I2 = Nilai arus sekunder CT 2

4.3 Prinsip Kerja Relay Diferensial Pada Transformator

Relay differensial merupakan alat proteksi utama yang digunakan pada transformator di gardu induk PT. Semen Padang. Relay ini bekerja apabila ada gangguan internal pada transformator. Relay differensial harus beroperasi cepat, selektif, dan tidak memerlukan koordinasi dengan relay lainnya.

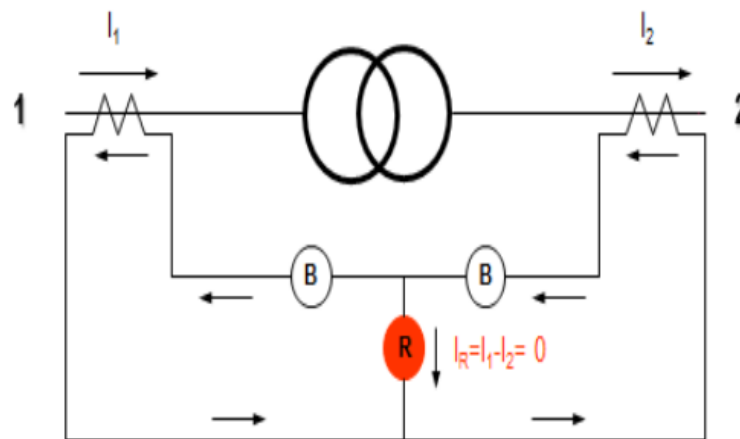
Prinsip kerja relay diferensial ini adalah dengan cara membandingkan dua besaran arus pada sisi primer dan arus pada sisi sekunder pada transformator arus (CT) serta arus yang masuk ke relay. Kerja relay diferensial ini dibantu oleh dua buah transformator arus (CT) dimana dalam keadaan normal, transformator arus yang pertama dan transformator yang kedua dibuat suatu ratio sedemikian rupa,

sehingga arus pada kedua transformator arus tersebut sama besar.

Adapun prinsip kerja relay diferensial ini terjadi dalam tiga keadaan, yaitu dalam keadaan normal, keadaan gangguan diluar daerah proteksi dan gangguan didalam daerah proteksi.

a. Relay diferensial pada saat keadaan normal

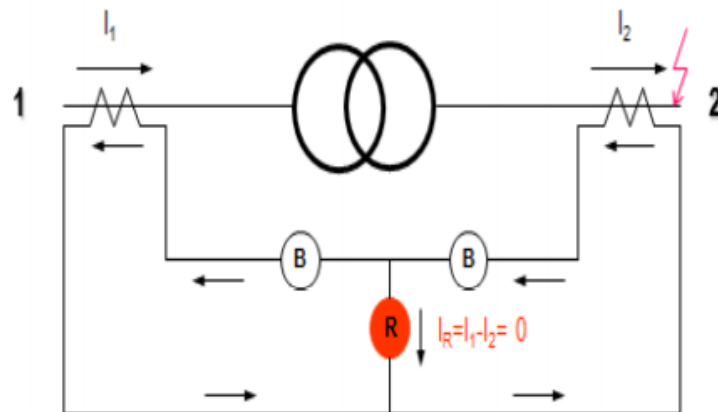
Dalam keadaan normal, arus mengalir melalui peralatan / instalasi listrik yang diproteksi yaitu transformator daya, dan arus-arus transformator arus, yaitu I_1 dan I_2 bersirkulasi melalui "path" IA. Jika relay diferensial dipasang antara terminal 1 dan terminal 2, maka dalam kondisi normal tidak akan ada arus yang mengalir melaluinya.



Gambar 4. 3 Relay Diferensial Pada Saat Keadaan Normal

b. Relay diferensial pada saat gangguan di luar daerah proteksi

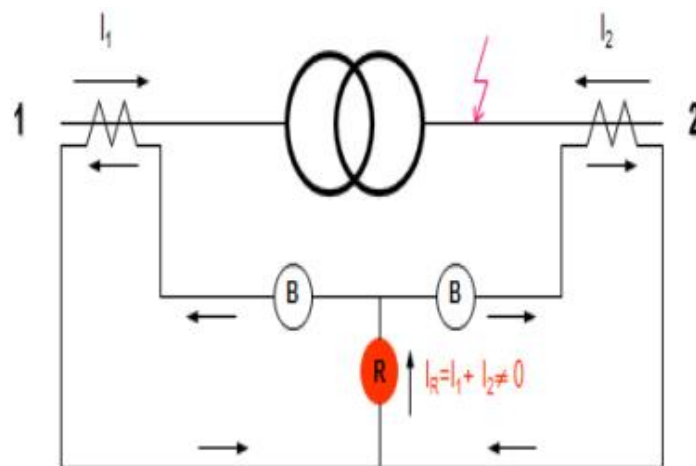
Bila dalam keadaan gangguan diluar dari transformator daya yang diproteksi (external fault), maka arus yang mengalir akan bertambah besar, akan tetapi sirkulasi akan tetap sama dengan pada kondisi normal dengan demikian relay diferensial tidak akan bekerja.



Gambar 4. 4 Relay Differensial Pada Saat Terjadi Gangguan di Luar Daerah Proteksi

c. Relay differensial pada saat gangguan di dalam daerah proteksi

Jika gangguan terjadi didalam proteksinya pada transformator daya yang diproteksi (internal fault), maka arah sirkulasi arus disalah satu sisi akan terbalik, menyebabkan “keseimbangan” pada kondisi normal terganggu, akibatnya arus I_d akan mengalir melalui relay diferensial dari terminal 1 menuju ke terminal 2 maka terjadi selisih arus didalam relay, selanjutnya relay tersebut akan mengoperasikan CB untuk memutus.



Gambar 4. 5 Relay Differensial Pada Saat Terjadi Gangguan di Dalam Daerah Proteksi

4.4 Perhitungan Matematis Penyetelan Relay Differensial

Perhitungan matematis adalah perhitungan untuk menentukan **rasio CT** pada trafo daya, dengan menggunakan perhitungan arus nominal dan arus rating. Selanjutnya menghitung **error mismatch**, **menghitung arus diferensial**, **menghitung arus restrain**, **menghitung arus slope**, dan **arus setting relay diferensial**. Data yang digunakan adalah data transformator 8.

Kapasitas trafo = 30/35 MVA

Tegangan tinggi = 150 kV

Tegangan rendah = 6,3 kV

4.4.1 Perhitungan Nilai Rasio CT

Untuk menghitung rasio CT, terlebih dahulu menghitung arus rating. Arus rating berfungsi sebagai batas pemilihan rasio CT. In atau arus nominal merupakan arus yang mengalir pada masing-masing jaringan (tegangan tinggi dan tegangan rendah).

- a. Arus nominal pada sisi tegangan primer 150 kV

$$I_{N1} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_p}$$

$$I_{N1} = \frac{35 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 150 \text{ kV}}$$

$$I_{N1} = 134,71 \text{ A}$$

- b. Arus nominal pada sisi tegangan 6,3 kV

$$I_{N2} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_s}$$

$$I_{N2} = \frac{35 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 6,3 \text{ kV}}$$

$$I_{N2} = 3.207,50 \text{ A}$$

- c. Arus rating pada sisi tegangan 150 kV

$$I_{rat1} = 110\% \times I_{N1}$$

$$I_{rat1} = 110\% \times 134,71 \text{ A}$$

$$I_{rat1} = 148,18 \text{ A}$$

- d. Arus rating pada sisi tegangan 6,3 kV

$$I_{rat2} = 110\% \times I_{N2}$$

$$I_{rat2} = 110\% \times 3.207,50 \text{ A}$$

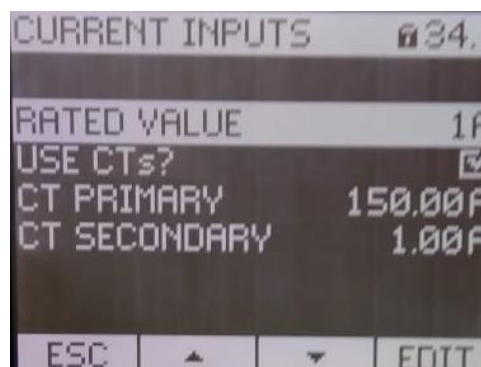
$$I_{rat2} = 3.528,25 \text{ A}$$

Tabel 4. 4 Perhitungan Arus Nominal dan Arus Rating

V	I_N	I_{rating}
150 kV	134,71 A	148,18 A
6,3 kV	3.207,50 A	3.528,25 A

Hasil dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa arus nominal yang menuju ke trafo daya di sisi tegangan primer 150 kV adalah 134,71 A sedangkan di sisi tegangan sekunder 6,3 kV adalah 3.207,50 A. Perhitungan arus rating pada trafo daya di atas juga dapat diketahui di sisi tegangan primer 150 kV adalah 148,18 A sedangkan pada sisi tegangan sekunder 6,3 kV adalah 3.528,25 A.

Sesuai dengan perhitungan tersebut, maka rasio CT yang terpasang pada sisi tegangan primer 150 kV adalah 150:1 A serta pada sisi tegangan sekunder 6,3 kV adalah 3.500:5 A. Rasio CT yang dipilih 150 A dan 3.500 A sebab pada Gardu Induk PT. Semen Padang menggunakan nilai tersebut dan rasio itu juga ada di pasaran.



Gambar 4. 6 Rasio CT Pada Sisi 150 kV



Gambar 4. 7 Rasio CT Pada Sisi 6,3 kV

4.4.2 Perhitungan Error Mismatch

Menghitung besarnya arus mismatch yaitu dengan cara membandingkan rasio CT ideal dengan CT yang ada di pasaran, dengan ketentuan error tidak boleh melebihi 5% dari rasio CT yang dipilih.

- a. *Error mismatch* di sisi tegangan 150 kV

$$CT_1(ideal) = CT_2 \times \frac{V_2}{V_1}$$

$$CT_1(ideal) = \frac{3.500}{1} \times \frac{6,3 \text{ kV}}{150 \text{ kV}}$$

$$CT_1(ideal) = 147 \text{ A}$$

$$Error \text{ mismatch} = \frac{CT \text{ ideal}}{CT \text{ terpasang}} \%$$

$$Error \text{ mismatch} = \frac{147 \text{ A}}{150 \text{ A}} \%$$

$$Error \text{ mismatch} = 0,98 \%$$

- b. *Error mismatch* di sisi tegangan 6,3 kV

$$CT_2(ideal) = CT_1 \times \frac{V_1}{V_2}$$

$$CT_2(ideal) = \frac{150}{1} \times \frac{150 \text{ kV}}{6,3 \text{ kV}}$$

$$CT_2(ideal) = 3.571,42 \text{ A}$$

$$Error \text{ mismatch} = \frac{3.571,42 \text{ A}}{3.500 \text{ A}} \%$$

$$Error \text{ mismatch} = 1,02\%$$

Tabel 4. 5 Perhitungan CT Ideal dan Error Mismatch

V	CT (ideal)	Error mismatch
150 kV	147 A	0,98 %
6,3 kV	3.571,42 A	1,02 %

Hasil dari perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh nilai CT1 ideal sebesar 146 A dan error mismatch sebesar 0,98 %. Error mismatch pada CT2 sebesar 1,02 % dengan hasil perhitungan CT ideal sebesar 3.571,42A. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa *error mismatch* tidak melebihi 5 %.

4.4.3 Perhitungan Nilai Arus Sekunder CT

Arus sekunder CT merupakan arus yang di keluarkan CT.

- a. Arus sekunder CT sisi tegangan 150 kV

$$I_1 = \frac{1}{rasio CT_1} \times I_{N1}$$

$$I_1 = \frac{1}{150} \times 134,71 A$$

$$I_1 = 0,89 A$$

- b. Arus sekunder CT sisi tegangan 6,3 kV

$$I_2 = \frac{1}{rasio CT_2} \times I_{N2}$$

$$I_2 = \frac{1}{3.500} \times 3.207,50 A$$

$$I_2 = \frac{1}{3.500} \times 3.207,50 A$$

$$I_2 = 0,91 A$$

4.4.4 Perhitungan Nilai Arus Differensial

Arus diferensial yaitu arus selisih antara arus sekunder CT sisi tegangan tinggi terhadap arus sekunder CT sisi tegangan rendah.

$$I_d = I_2 - I_1$$

$$I_d = 0,91 A - 0,89 A$$

$$I_d = 0,02 A$$

Hasil dari perhitungan mendapatkan nilai selisih antara Isekunder CT sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah adalah 0.02 A. Nilai tersebut yang menjadi pembanding dengan arus *setting* rele diferensial.

4.4.5 Perhitungan Nilai Arus Restrain

Arus *restrain* diperoleh dengan cara menjumlahkan arus sekunder CT1 dan CT2 kemudian dibagi 2.

$$I_r = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

$$I_r = \frac{0,89 A + 0,91 A}{2}$$

$$I_r = 0,9 A$$

Hasil dari perhitungan diatas maka didapat nilai arus *restrain* 0,9 A.

4.4.6 Perhitungan Percent Slope

Untuk mengetahui *slope* didapatkan dari hasil pembagian antara arus differensial dengan arus *restrain*. Dari *Slope* 1 dapat diketahui arus diferensial dan arus *restrain* saat kondisi normal dan untuk memastikan relay dapat bekerja saat ada gangguan internal dengan arus gangguan kecil. Untuk *slope* 2 dapat berguna agar relay tidak bekerja saat terjadi gangguan eksternal dengan arus gangguan besar sekalipun.

$$Slope_1 = \frac{I_d}{I_r} \times 100\%$$

$$Slope_1 = \frac{0,02 A}{0,9 A} \times 100\%$$

$$Slope_1 = 2,22\%$$

$$Slope_2 = \frac{I_d}{I_r} \times 2 \times 100\%$$

$$Slope_2 = \frac{0,02 A}{0,9 A} \times 2 \times 100\%$$

$$Slope_2 = 4,44\%$$

4.4.7 Perhitungan Nilai Arus *Setting*

Arus *setting* didapat dengan mengalikan antara *slope* dan arus *restrain*. Arus *setting* inilah yang nanti akan dibandingkan dengan arus diferensial saat terjadi gangguan.

$$I_{set} = \%Slope \times I_r$$

$$I_{set} = 2,22\% \times 0,9$$

$$I_{set} = 0,019 \text{ A}$$

Hasil nilai arus diferensial yang ideal yaitu nol, sementara hasil pada penyetelan tidak mungkin nol karena ada nilai rasio *current transformer* (CT) yang ditentukan di pasaran. Hasil yang didapatkan dari perhitungan arus *setting* diferensial senilai 0,019 A, sehingga nilai perhitungan arus *setting* hampir mendekati perhitungan arus diferensial pada saat kondisi ideal. Penyetelan *slope* relay diferensial dipengaruhi oleh beberapa faktor dari kesalahan CT (10%), arus eksitasi (1%), mismatch (4%), dan faktor keamanan (5%), kesalahan sadapan (10%), sehingga nilai *slope* yang di *setting* adalah adalah 30%.

Arus *setting* jika menggunakan *slope* sebesar 30%:

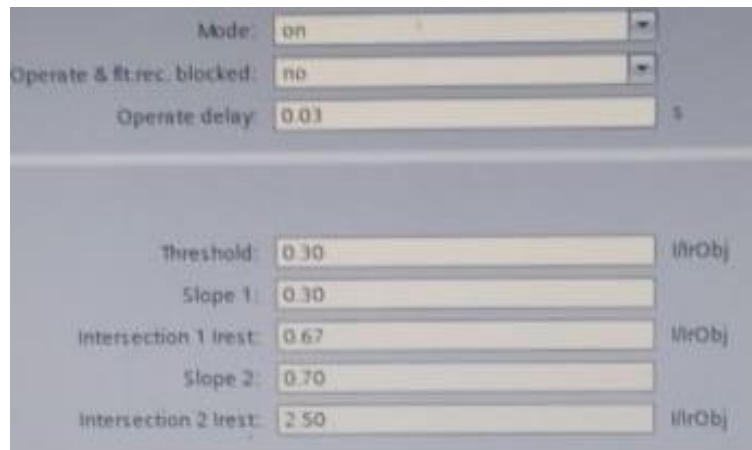
$$I_{set} = \%Slope \times I_r$$

$$I_{set} = 30\% \times 0,9$$

$$I_{set} = 0,27 \text{ A}$$

4.4.8 Penyetelan Rele Diferensial SIEMENS SIPROTEC 7UT85

Pada aplikasi SIPROTEC, untuk mengatur *Iset* adalah dengan cara mengatur % *slope* dan *I_r*. Dapat kita lihat dari gambar



Gambar 4. 8 Penyetelan Relay Differensial SIEMENS SIPROTEC 7UT85

$$I_{set} = \%Slope \times I_r$$

$$I_{set} = 30\% \times 0,67 A$$

$$I_{set} = 0,201 A \approx 0,2 A$$

Arus *setting* yang diperoleh dari hasil perhitungan adalah 0,019 A, namun *setting* yang terdapat pada prakteknya adalah 0,2 A, didapat dari pengaturan 30% *Slope* dan I_r sebesar 0,67 A pada panel relay SIEMENS SIPROTEC 7UT85. Nilai perhitungan arus ini cukup jauh dikarenakan pada perhitungan matematis menggunakan 2,22% *slope*, sedangkan di lapangan menggunakan 30% *slope* yang bertujuan agar relay tidak terlalu sensitif untuk memerintahkan CB trip jika ada, kesalahan sadapan, kesalahan CT, mismatch, arus eksitasi, dan faktor keamanan. Namun, jika menggunakan *slope* sebesar 2,22% yang didapat dari perhitungan matematis, maka:

$$I_{set} = \%Slope \times I_r$$

$$I_{set} = 2,22\% \times 0,67 A$$

$$I_{set} = 0,015 A$$

Berikut perbandingan perhitungan matematis dengan keadaan di lapangan:

Tabel 4. 6 Perbandingan Perhitunngan I_r , % *slope*, dan I_{set}

Komponen	Perhitungan Matematis	Keadaan di Lapangan
I_r	0,9	0,67
% <i>slope</i>	2,22%	30%
I_{set}	0,019 A	0,2 A

Berikut adalah hasil perhitungan arus *setting* jika menggunakan 2,22% *slope*:

Tabel 4. 7 Perbandingan Arus Setting Menggunakan 2,22% *slope*

I	Perhitungan Matematis	Keadaan di Lapangan
I_r	0,9 A	0,67 A
I_{set}	0,019 A	0,015 A

Berikut adalah hasil perhitungan arus *setting* jika menggunakan 30% *slope*:

Tabel 4. 8 Perbandingan Arus Setting Menggunakan 30% *slope*

I	Perhitungan Matematis	Keadaan di Lapangan
I_r	0,9 A	0,67 A
I_{set}	0,27 A	0,2 A

Dapat dilihat bahwa arus *setting* pada perhitungan matematis hampir sama dengan keadaan di lapangan jika % *slope* nya sama. Dapat kita simpulkan bahwa perbedaan arus *setting* sangat dipengaruhi oleh % *slope*. Pada perhitungan matematis hanya menggunakan 2,22% *slope*, sedangkan pada keadaan di lapangan menggunakan 30% *slope* dengan mempertimbangkan kesalahan CT (10%), arus eksitasi (1%), mismatch (4%), dan faktor keamanan (5%), kesalahan sadapan (10%).

4.5 Rencana Kegiatan

Adapun rencana kegiatannya adalah sebagai berikut:

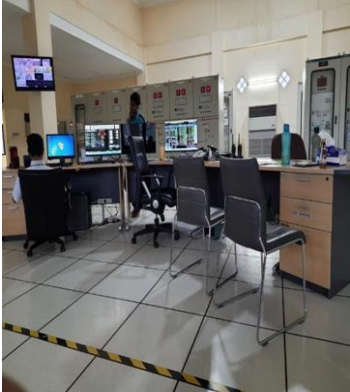
Table 4.9 Rencana Kegiatan

No	Tanggal	Kegiatan
1.	24 Mei 2022	Mengajukan surat permohonan PLI ke PT. Semen Padang
1.	13 Juni 2022	Datang Ke Tempat Lokasi PLI
2.	20 Juni – 26 Juni 2022	Orientasi Lapangan
3.	27 Juni- 12 Agustus 2022	Kerja Praktek dan Pengambilan Data
4.	12 Agustus s.d 06 Oktober 2022	Penyelesaian Laporan

4.6 Pelaksanaan Kegiatan PLI

Tabel 4. 10 Laporan Kegiatan PLI

No.	Hari/Tgl	Kegiatan	Foto	Paraf Supervisor
1	Senin, 20 Juni 2022	• Briefing dan pengenalan • Melakukan pengenalan bagian gardu induk		

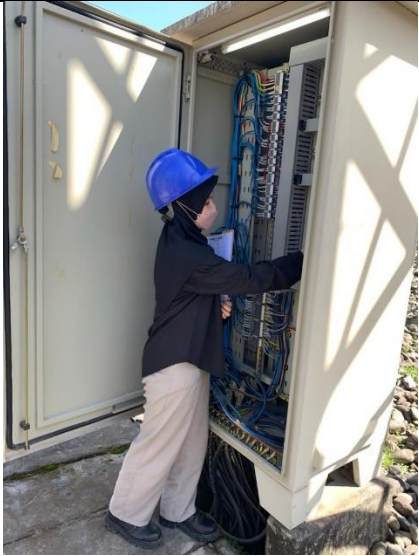
2	Selasa, 21 Juni 2022	Kunjuran ke pabrik dan pengenalan bagian-bagian pabrik		
3	Rabu, 22 Juni 2022	Monitoring suplay listrik ke pabrik sistem		
4	Kamis, 23 Juni 2022	- Mengambil pasir dan semen ke pabrik - Monitoring suplay listrik ke pabrik sistem		

5	Jum'at, 24 Juni 2022	• Merenovasi dinding tunnel di tafo 8 GI pengembangan		
6	Senin, 27 Juni 2022	• Pembersihan area di Trafo 8 • Pengenalan bagian-bagian Trafo 8		
7	Selasa, 28 Juni 2022	• Pembersihan Area di Trafo 8		

8	Rabu, 29 Juni 2022	• Merenovasi dinding tunnel di Tafo 8 GI pengembangan		
9	Kamis, 30 Juni 2022	• Mengukur Temperature Hight Voltage Equiment dengan Termal Meger		
10	Jum'at, 1 Juli 2022	• Mencatat Kwh ke Pabrik		
11	Senin, 4 Juli 2022	• Mengukur Temperature Hight Voltage Equiment Dengan Termal Meger		

12	Selasa, 5 Juli 2022	• Mengukur Grounding pada Line Tarafo 4 dan 5 dengan Earth Tester		
13	Rabu, 6 Juli 2022	• Pelepasan CB pada Feader 35 • Monitoring Suplay Listrik ke Pabrik Sistem		
14	Kamis, 7 Juli 2022	• Mengambil pasir dan Semen Ke pabrik • Monitoring Suplay Listrik ke Pabrik Sistem		

15	Jumat, 8 Juli 2022	• Merenovasi dinding Tunnel di Tafo 8 GI Pengembangan		
16	Senin, 11 Juli 2022	• Pengecekan Air Batrai Gardu Induk • Monitoring Suplay Listrik ke Pabrik Sistem		
17	Selasa, 12 Juli 2022	• Mengamati dan memahami kegunaan dari panel proteksi dari sisi incoming sekunder transformator daya		

18	Rabu, 13 Juli 2022	Mmembersihkan panel bus 150 kv		
19	Kamis, 14 Juli 2022	Merenovasi dinding Tunel di Tafo 8 GI Pengembangan		
20	Jum'at, 15 Juli 2022	Mencatat Kwh ke Pabrik		
21	Senin, 18 Juli 2022	Mempelajari settingan relai diferensial dari SIEMENS SIPROTEC 7UT85		

22	Selasa, 19 Juli 2022	Mengukur Graunding pada Line Tarafo 4 dan 5 dengan Earth Tester		
23	Rabu, 20 Juli 2022	Merenovasi dinding Tunnel di Tafo 8 GI Pengembangan		
24	Kamis, 21 Juli 2022	Mengukur Graunding pada Line Tarafo 6 dan 7 dengan Earth Tester		

25	Jum'at, 22 Juli 2022	• Membersihkan Area di Trafo 4 dan 5 • Monitoring Suplay Listrik ke Pabrik Sistem		
26	Senin, 25 Juli 2022	• Monitoring Suplay Listrik ke Pabrik Sistem		
27	Selasa, 26 Juli 2022	• Merenovasi dinding Tunel Tafo 8 di GI Pengembangan		
28	Rabu, 27 Juli 2022	• Monitoring Suplay Listrik ke Pabrik Sistem		
29	Kamis, 28 Juli 2022	• Pembersihan Area di Trafo 6		

30	Jum'at, 29 Juli 2022	• Membersihkan panel CB di ruang feeder		
31	Senin, 1 Agustus 2022	• Mencatat Kwh ke Pabrik		
33	Selasa, 2 Agustus 2022	• Membersihkan panel CB Indarung 6		

34	Rabu, 3 Agustus 2022	Mengukur Temperature Hight Voltage Equiment dengan Termal Meger		
35	Kamis, 4 Agustus 2022	Membersihkan panel CB Indarung 5		
36	Jum'at, 5 Agustus 2022	Monitoring Suplay Listrik ke Pabrik Sistem		

37	Senin, 8 Agustus 2022	• Pemeliharaan/ pembersihan Isolator di Tafo 4		
38	Selasa, 9 Agustus 2022	• Pemeliharaan/ pembersihan Isolator di Tafo 5		
39	Rabu, 10 Agustus 2022	• Pemeliharaan/ pembersihan Isolator di Tafo 6		

40	Kamis, 11 Agustus 2022	• Pemeliharaan/ pembersihan Isolator di Tafo 7		
41	Jum'at, 12 Agustus 2022	• Pengumpulan Laporan Magan Ke Diklat		

Supervisor

TRIE RISZKI AULYA S
NIP.9114140

4.7 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 :

1. Penulis mendapat kesulitan selama PLI karena merupakan pengalaman pertama dalam melakukan PLI serta kurangnya pengetahuan tentang peralatan dan prinsip alat kerja yang ditemui di lapangan tersebut.
2. Kurangnya pengetahuan penulis mengenai peralatan listrik tegangan tinggi, sehingga memerlukan waktu lebih untuk memahaminya.

4.8 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 :

1. Memperbanyak pengetahuan penulis dengan melakukan diskusi secara langsung dengan pembimbing lapangan dan karyawan lainnya disetiap peralatan yang ditemui di pabrik dan penjelajahan pengetahuan diinternet melalui smartphone.
2. Memanfaatkan waktu untuk membaca manual book, berdiskusi serta turun ke lapangan secara berkala

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan yang telah dipaparkan di atas, dapat disimpulkan bahwa:

1. *Main* Transformator adalah suatu peralatan yang sangat vital yang berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah maupun sebaliknya. Pada transformator 8 di Gardu Induk PT. Semen Padang merupakan jenis transformator step down yang mentransformasikan tegangan 150 KV menjadi 6,3 KV.
2. Rele differensial berfungsi untuk mengamankan transformator terhadap gangguan hubung singkat yang terjadi di dalam daerah pengamanan transformator. Rele ini merupakan pengamanan utama (main protection) yang sangat selektif dan cepat sehingga tidak perlu dikoordinir dengan rele lain dan tidak memerlukan time delay.
3. Prinsip kerja rele diferensial ini adalah dengan cara membandingkan dua besaran arus pada sisi primer dan arus pada sisi sekunder pada transformator arus (CT) serta arus yang masuk ke rele. Jika tidak terjadi gangguan, maka besar arus yang mengalir rele adalah nol.
4. Besarnya rasio CT yang digunakan pada transformator 8 pada tegangan 150 kV adalah 150:1, sementara pada bagian 6,3 kV adalah 3500:5. Dari hasil perhitungan, besarnya *error mismatch* pada kedua CT tersebut masih tergolong baik yaitu dibawah 5%.
5. Hasil untuk penyetingan arus operasi rele differensial pada trafo 8 cukup berbeda dengan yang terjadi di lapangan. Arus *setting* yang diperoleh dari hasil perhitungan adalah 0,019 A, namun arus *setting* yang terdapat pada prakteknya adalah 0,2 A. Arus 0,2 A didapat dari pengaturan % *Slope* pada panel rele SIEMENS SIPROTEC 7UT85 dan pengaturan arus *restrain*. Besarnya 30% *slope* yang diatur di lapangan karena mempertimbangkan kesalahan CT (10%), arus eksitasi (1%), mismatch (4%), dan faktor keamanan (5%), kesalahan sadapan (10%).

5.2 Saran

Untuk menghindari kemungkinan gangguan yang tidak diinginkan maka disarankan untuk melakukan pemeliharaan dengan baik terhadap rele pengaman utama maupun rele pengaman cadangan beserta peralatan bantu lainnya. Tidak hanya pemeliharaan saja namun ada baiknya bila rele tersebut di uji coba dalam jangka waktu yang ditentukan untuk mengetahui apakah rele tersebut benar-benar bekerja dengan baik bila terjadi gangguan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bien, L. E. (2007). *Studi Penyetelan Rele Diferensial Pada Transformator PT Chevron Pacific Indonesia*. 6, 41–68.
- C. Christopoulos, A. W. (1999). *Electrical Power System Protection 2nd Edition*. Springer-Science-Business Media, B.V.
- Di, K. V. (2012). *Setting Rele Diferensial Pada Transformator*.
- Istimaroh, A. (2013). *Penentuan Setting Rele Arus Lebih Generator dan Rele Diferensial Transformator*. Unit 4 PLTA Cirata II Reka Elkomika.
- L., B. (2012). *Peralatan Tegangan Tinggi*. Erlangga.
- Personil, B. P. (1996). *Pengertian dan Pembuatan Semen Padang*. Padang: PT. Semen Padang.
- Personil., B. P. (1996). *Pengenalan Peralatan Listrik dan Instrumen*. Padang: PT. Semen Padang.
- Subari, A. K. (2015). *Setting Rele Diferensial pada Gardu Induk Kaliwungu Guna Menghindari Kegagalan Proteksi Transmisi*.
- Suralaya, D. (2017). *Analisa Proteksi Diferensial Pada Generator*. 9(1), 84-92.

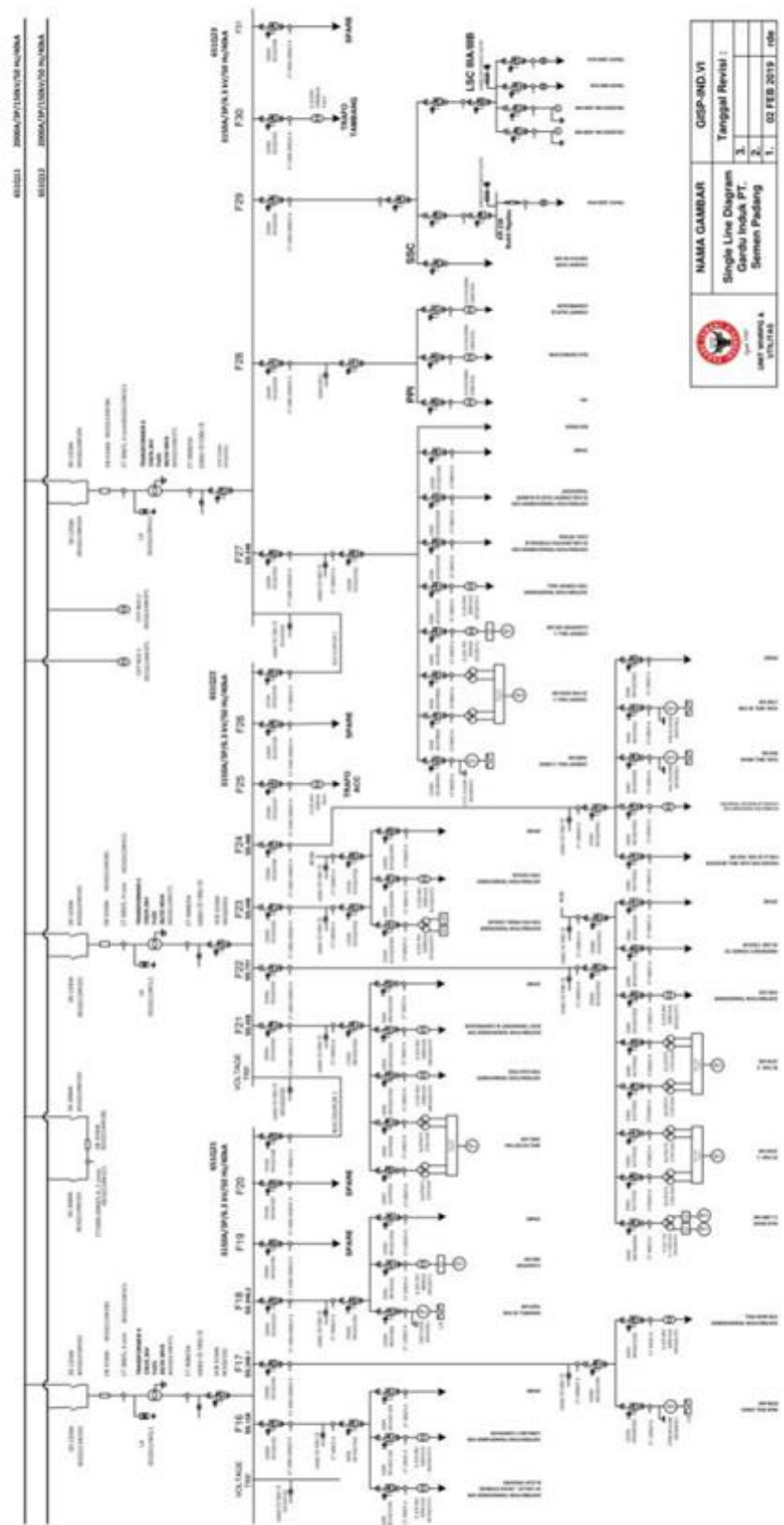
LAMPIRAN

Lampiran 1. Single Line Diagram Gardu Induk Indarung V

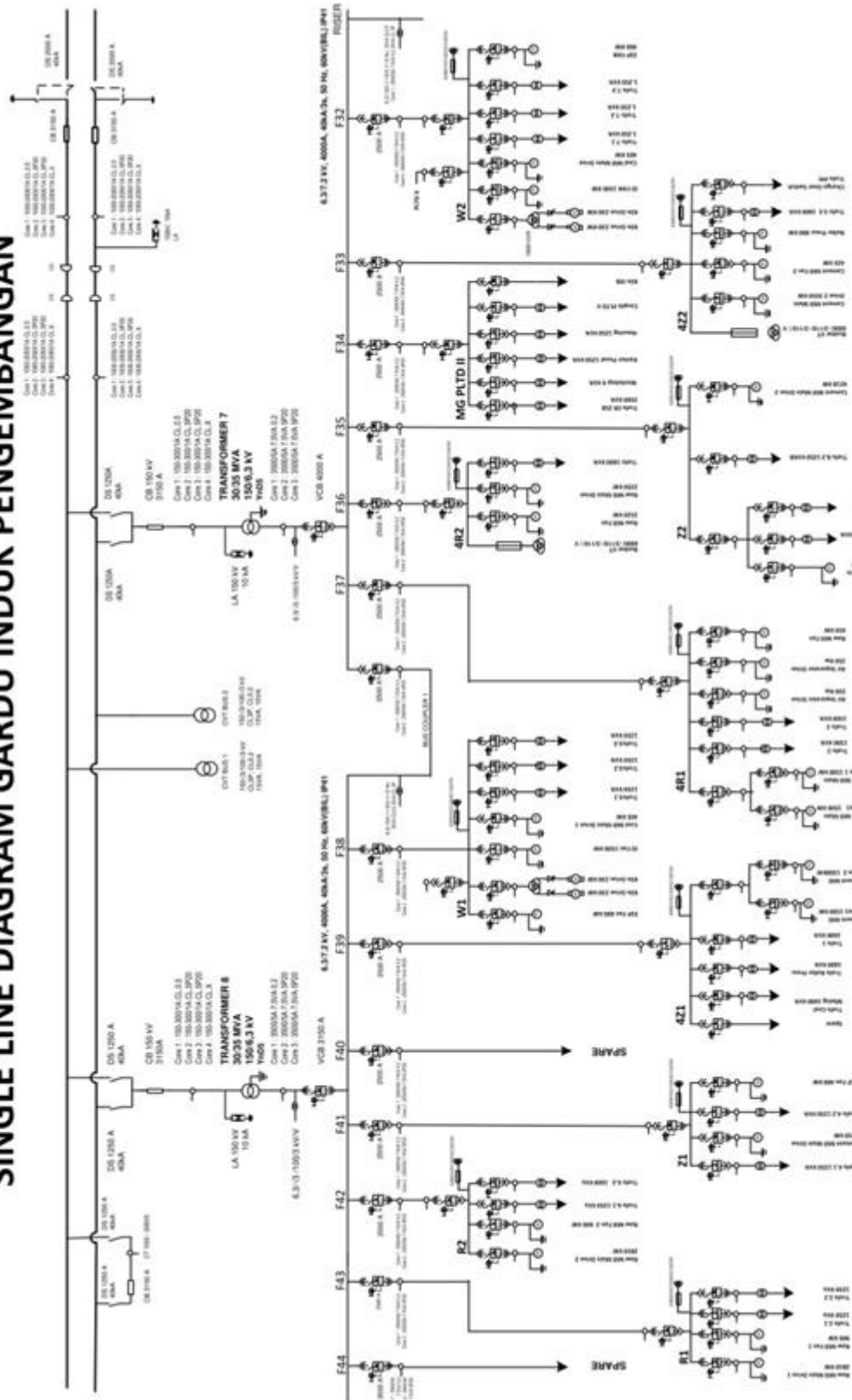


Lampiran 2. Single Line Diagram Gardu Induk Indarung VI

SINGLE LINE DIAGRAM GARDU INDUK INDARUNG VI



SINGLE LINE DIAGRAM GARDU INDUK PENGEMBANGAN



 PT. WINDAS & UTIMITAS	NAMA GAMBAR Single Line Diagram Gardu Induk PT. Semen Padang	DISIP-PENGEMBANGAN	
		Tanggal Revisi :	
		3.	
		2.	
		1.	02 FEB 2019 rde

Lampiran 4. Surat Permohonan Praktek Lapangan Industri



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
 Jl. Prof. Dr. Hamka, Kampus UNP Air Tawar, Padang 25171
 Telp. (0751) 7055644, 445118 Fax (0751) 7055644, 7055628
 website : www.ft.unp.ac.id e-mail : info@ft.unp.ac.id

Nomor : 0847/UN35.2.1/AK/2022 17 Mei 2022

Hal : Permohonan Pengalaman Lapangan Industri
 Mahasiswa FT UNP

Kepada Yth. Pimpinan PT. SEMEN PADANG
 di Jl. Raya Indarung ,Padang, Sumatera barat,25237

Dengan hormat,

Dengan ini kami sampaikan bahwa Pengalaman Lapangan Industri (PLI) adalah kegiatan intra kurikuler dalam kelompok mata kuliah bidang studi jenjang program Strata 1 (S1), Diploma 4 (D4), dan Diploma 3 (D3) pada semua jurusan di FT UNP. Secara umum pelaksanaan PLI bertujuan agar mahasiswa memahami manajemen industri dan kompetensi tenaga kerja yang dipersyaratkan industri, mendapatkan/menggalai pengetahuan praktis di lapangan/industri melalui keterlibatan langsung dalam berbagai kegiatan di dunia usaha/industri, memupuk sikap dan etos kerja mahasiswa sebagai calon tenaga kerja profesional yang siap kerja, mampu membahas suatu kasus yang ditemui di lapangan melalui metoda analisis ilmiah ke dalam laporan Pengalaman Lapangan Industri (PLI) serta mempelajari aspek kewirausahaan di industri

Untuk menunjang program ini, kami mohon kiranya Saudara Pimpinan PT. SEMEN PADANG, dapat menerima mahasiswa kami melakukan kegiatan PLI pada Perusahaan/Industri/Instansi yang Saudara Pimpin.

Rencana kegiatan dimulai tanggal 13 Juni 2022 s/d 05 Agustus 2022 oleh mahasiswa berikut :

No	Nama	NIM/BP	Program Studi
1	AMIN ALQUDRI DWI NUGRAHA	19130079/2019	Teknik Elektro Industri
2	BAYU FEBRIANSYAH	19130085/2019	Teknik Elektro Industri
3	ARINI MURDHANI	19130082/2019	Teknik Elektro Industri
4	ZAKY PRADANA IHSAN	19130074/2019	Teknik Elektro Industri

Demikianlah hal ini disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya saudara diucapkan terimakasih.



FAKULTAS TEKNIK
 Teduh Fahmy Rizal, M Pd, MT
 NIP. 19691204 198503 1004



1 of 1

5/17/2022, 2:38 PM

Lampiran 5. Surat Pengantar Praktek Lapangan Industri

 **KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI**
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
Alamat : Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25131
Telephone : (0751) 7055644, 445118 Fax (0751) 7055644, 7055628
e-mail: info@ft.unp.ac.id Website: www.unp.ac.id

SURAT TUGAS
Nomor: ~~1460.9~~ /UN35.2/KP/2022

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang menugaskan :

Nama : **Elfizon, S. Pd, M. Pd. T**
NIP : 198508252012121002
Jabatan : Lektor

Sebagai Dosen Pembimbing Praktek Lapangan Industri pada Prodi Teknik Elektro Universitas Negeri Padang Semester Januari - Juni 2022, dengan mahasiswa sebagai berikut :

No	Nama Mahasiswa	NIM/BP	Prodi	Tempat PLI
1	Arini Murdhiani	19130082/19	Teknik Elektro Industri	PT. Semen Padang

Demikianlah surat tugas ini dikeluarkan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya bagi yang bersangkutan.


Padang, 7 Juni 2022
Dr. Fahmi Rizal, M. Pd, MT
19601204 198503 1 004

Lampiran 6. Catatan Konsultasi Laporan Dengan Supervisor

CATATAN KONSULTASI LAPORAN DENGAN SUPERVISOR

Nama Mahasiswa..... ARINI MURDHIANI

Jurusan/NIM/TM..... Teknik Elektro / 19130082 / 2019

Tempat PLI/PKN..... Gardu Induk PT Semen Padang

Tanggal	Topik/Masalah yang dibahas	Saran Perbaikan	Paraf Supervisor
10 Juli 2022	Bimbingan judul laporan	Diberikan judul Proteksi relay di-rersal, pengujian tahanan isolasi dll	/
1 Agustus 2022	Perbaikan Format laporan	sesuaikan dengan kata tulis karya ilmiah di kampus	/
5 Agustus 2022	Perbaikan gambar laporan	Gambar yang digunakan foto Alat yang ada di lapangan	/
12 Agustus 2022	Pemeriksaan Keseluruhan	Perbaikan struktur organisasi PT Semen Padang	/

Supervisor

(TRIE ANITA AULYA)

Lampiran 7. Lembaran Penilaian Supervisor Industri

LEMBARAN PENILAIAN SUPERVISOR

Nama Mahasiswa (Praktekan) : ARINI MURDHIANI NIM. 19130082
 Nama Perusahaan/Industri : PT. SEMEN PADANG
 Jadwal Kegiatan : 20 JUNI 2022 sampai 12 AGUSTUS 2022
 Nama Supervisor : TRIE RISEKI AULVA S
 Jabatan Supervisor di Perusahaan : _____

ASPEK YANG DINILAI	RANGE PENILAIAN					
	Mengul ang <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						91
2. Keterampilan membaca gambar kerja/petunjuk dan sejenisnya						89
3. Keterampilan menggunakan alat atau instrumen yang dipakai dalam praktek						93
4. Kapasitas hasil praktek dalam jangka waktu yang disediakan						92
5. Kualitas hasil praktek dibandingkan dengan standar (tolak ukur) yang ditetapkan						91
6. Kemampuan berpraktek secara mandiri						88
7. Inisiatif untuk meningkatkan hasil praktek						90
8. Inisiatif untuk menyelesaikan atau mengatasi masalah yang ditemui						91
9. Kerja sama dengan orang lain selama melaksanakan praktek						93
10. Disiplin dan kehadiran ditempat praktek						94
11. Sikap terhadap petunjuk, kritik, atau anjuran dari pembimbing praktek						92
12. Pelaksanaan program keselamatan kerja bagi diri sendiri dan orang lain						93
13. Pemeliharaan keselamatan alat, bahan dan lingkungan tempat praktek						91
14. Kewajaran penampilan dan berpakaian ditempat praktek						92
15. Adaptasi dengan situasi dan kondisi di tempat praktek						93
Jumlah Skor	=	=	=	=	=	=
Total Skor (jumlahkan semua Jumlah Skor) = 1373						

Total Skor 91.53
 NILAI AKHIR = 15

Rekomendasi : Untuk bisa berhasil atau lebih berhasil dalam praktek, mahasiswa ini memerlukan (cantumkan tanda V)
 () bimbingan yang lebih intensif
 (✓) pematapan 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

Mekong 16 Agustus 2022

 (Trie Riseksi Aulva S)
 (Nota/lokasi tanggal tanda tangan, nama Supervisor/pemilai dan stempel perusahaan)