

**LAPORAN
PRAKTEK LAPANGAN INDUSTRI**

**PENGAPLIKASIAN *VARIABLE SPEED DRIVE* UNTUK
PENGONTROLLAN KECEPATAN MOTOR *COOLING FAN 4W1K17M1*
DI AREA *GRATE COOLER KILN* INDARUNG IV PT. SEMEN PADANG**



Oleh :

GOANI MARIND

NIM. 18063078

Dosen Pembimbing :

Dwiprima Elvanny Myori, S.Si., M.Si

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2022**

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN PRAKTEK LAPANGAN INDUSTRI (PLI)

**Telah Melaksanakan Pengalaman Lapangan Industry (PLI) Di Biro
Pemeliharaan Listrik Dan Instrumentasi 1 Kiln Indarung IV PT Semen
Padang Tahun 2022**

Oleh :

GOANI MARIND

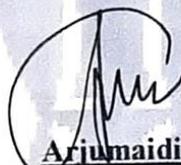
2018. 18063078

Jurusan Teknik Elektro

Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing Lapangan



Arjumaedi

NIP. 7098085

Kepala Urusan PLI 1 KCOM 4

Kepala Urusan PLI 1 KCOM 4



Yopi Alexandrito, A. Md.

NIP. 7499009



Ogie Martadinata, A. Md.

NIP. 8007053

Sie. PLI 1 RKC II/III/IV


Esron Tarigan, S. T.
NIP. 8414006

HALAMAN PENGESAHAN FAKULTAS
Laporan ini Disampaikan Untuk Memenuhi Sebagian dari Persyaratan
Penyelesaian Pengalaman Lapangan Industri FT – UNP
Padang
Semester Januari – Juli 2022

Oleh :
GOANI MARIND
18063078/2018

Jurusan Teknik Elektro
Program Studi Pendidikan Teknik ELEktro

Diperiksa dan Disahkan Oleh :
Dosen Pembimbing



Dwiprima Elvanny Myori, S.Si., M.Si
NIP. 198811012012122001

~~**Dekan FT – UNP**~~
~~**Kepala Unit Hubungan Industri**~~



KATA PENGANTAR



Segala puji serta syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga dengan izin-Nya penulis dapat melaksanakan kerja praktek di PT. Semen Padang dan menyusun laporan pelaksanaan Praktek Lapangan Industri (PLI) dengan judul **“Pengaplikasian *Variable Speed Drive* Untuk Pengontrollan Kecepatan Motor *Cooling Fan 4W1K17M1* Di Area *Grate Cooler Kiln Indarung IV* PT. Semen Padang.** Serta, shalawat dan salam semoga selalu disampaikan-Nya kepada baginda Nabi Muhammad SAW yang selalu menjadi inspirasi dan tauladan bagi penulis.

Adapun laporan praktek lapangan industri ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat mata kuliah pada jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang dan juga untuk memperoleh pengalaman operasional secara langsung di dunia industri dan penerapan ilmu pengetahuan, teknologi pada bidang yang diambil penulis.

Dalam proses pelaksanaan praktek lapangan industri dan penyusunan laporan ini penulis banyak mendapatkan ilmu pengetahuan, wawasan, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak.

Oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kepada Orang Tua dan seluruh keluarga tercinta yang selalu mendoakan serta mendukung penulis dalam menempuh pendidikan dan melaksanakan rangkaian kegiatan Praktek Lapangan Industri yang ada di PT. Semen Padang.
2. Pusat Pendidikan dan Pelatihan PT. Semen Padang yang telah memberi kesempatan untuk melaksanakan Praktek Lapangan Industri.
3. Bapak Ali Basrah Pulungan, S.T, M.T., selaku Kepala Unit Hubungan Industri Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Risfendra, S.Pd, M.T, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

5. Bapak Dr . Hansi Effendi , S.T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Bapak Hamdani, S.Pd, M.Pd.T., selaku Koordinator PLI Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
7. Ibu Dwiprima Elvanny Myori, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Praktek Lapangan Industri.
8. Bapak Santoro,S.T., selaku Kepala Biro Pemeliharaan Listrik dan Instrumentasi 1 PT. Semen Padang.
9. Bapak Esron Tarigan, S.T., selaku Sie. Pemeliharaan Listrik dan Instrumen KCM Indarung II/III/IV PT. Semen Padang
10. Bapak Yopi Alexandrito, A. Md., dan Bapak Ogie Martadinata, A. Md., selaku Kepala Urusan PLI 1 KCOM Indarung IV PT. Semen Padang.
11. Bapak Arjumaidi selaku pembimbing lapangan yang selama melaksanakan Praktek Lapangan Industri sangat banyak membantu serta membimbing dan berbagi ilmunya kepada penulis.
12. Seluruh Personil PLI 1 KCOM Indarung IV, Pas Adrius, Bang Irga, Pak Sabri, Bang Oki yang telah membimbing, menyemangati, menghibur dan menemani penulis di lapangan selama pelaksanaan Praktek Lapangan Industri.
13. Teman-teman seperjuangan PLI di Pemeliharaan Listrik dan Instrumen Indarung KCOM Indarung IV PT. Semen Padang.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh sebab itu segenap saran, masukan dan kritikan yang bersifat membangun dan ilmiah sangat penulis harapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat serta menambah pengetahuan, baik kepada pembaca maupun penulis sendiri.

Padang, Juni 2022

Goani Marind
18063078

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN FAKULTAS | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR TABEL | viii |
| BAB I | 1 |
| PENDAHULUAN | 1 |
| A. Pelaksanaan PLI FT Universitas Negeri Padang..... | 1 |
| 1. Latar Belakang | 1 |
| 2. Tujuan | 2 |
| 3. Batasan Masalah..... | 3 |
| 4. Waktu dan Tempat Pelaksanaan | 3 |
| 5. Sistematika Penulisan | 3 |
| BAB II | 1 |
| TINJAUAN PERUSAHAAN | 1 |
| A.Gambaran Umum PT. Semen Padang | 1 |
| 1. Sejarah Singkat PT. Semen Padang | 1 |
| 2. Logo PT. Semen Padang | 2 |
| 3. Visi dan Misi Perusahaan..... | 4 |
| 4. Struktur Organisasi PT. Semen Padang | 4 |
| 5. Struktur organisasi Pemeliharaan Listrik dan Instrumen | 7 |
| 6. Manajemen Perusahaan..... | 8 |
| 7. Produksi PT. Semen Padang | 10 |
| 8. Material Dasar | 11 |
| 9. Semen Penggilingan dan Pencampuran | 11 |
| 10. Pembakaran | 16 |
| 11. Pengantongan | 21 |
| B.Sistem Kelistrikan Dan Instrumentasi Pt. Semen Padang | 23 |
| 1. Sistem Kelistrikan PT. Semen Padang..... | 23 |
| 2. Perusahaan Listrik Negara (PLN) | 24 |

| | |
|---|-----------|
| 3. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) | 27 |
| 4. Pendistribusian Energi Listrik ke Beban..... | 28 |
| 5. Sistem instrumentasi PT. Semen Padang..... | 30 |
| C.Kegiatan PLI di PT Semen Padang..... | 31 |
| D.Hambatan dan Penyelesaian pada Kegiatan PLI | 36 |
| 1. Kendalan yang dihadapi Selama PLI..... | 36 |
| 2. Penyelesaian Masalah dari Kendala..... | 36 |
| BAB III..... | 38 |
| A. Motor Induksi 3 Phase..... | 38 |
| 1. Pengertian Motor Induksi 3 phase..... | 38 |
| 2. Konstruksi Motor Induksi 3 Phase..... | 38 |
| 3. Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Phase | 39 |
| 4. Penggunaan Motor Induksi 3 Phase..... | 40 |
| B. Variable Speed Drive | 40 |
| 1. Pengertian Variable Speed Drive | 40 |
| 2. Komponen – Komponen Pada VSD | 41 |
| 3. Prinsip Kerja Variable Speed Drive | 46 |
| 4. Wiring Diagram | 48 |
| C. Motor Cooling Fan 4WIK17M1..... | 48 |
| 1. Spesifikasi Motor Cooling Fan 4W1K17M1 | 48 |
| 2. Sistem Operasi Motor Cooling Fan 4W1K17M1 | 49 |
| 3. Prinsip Kerja Pengontrol Motor Cooling Fan Menggunakan VSD | 50 |
| 4. Pengontrolan Variable Speed Drive..... | 51 |
| 5. Pengaturan Frekuensi Dalam VSD | 52 |
| 6. Analisa Perhitungan Kecepatan Motor Menggunakan VSD | 53 |
| 7. Sistem Direct On Line..... | 55 |
| 8. Analisa Perbandingan Pemakaian VSD dengan DOL | 56 |
| 9. Keuntungan Pemakaian Variable Speed Drive (VSD) Pada Motor Cooling Fan..... | 63 |
| 10. Keuntungan dan Kekurangan Pengontrolan Motor Cooling Fan Menggunakan VSD disbanding sistem DOL..... | 64 |
| BAB IV | 67 |
| A. Kesimpulan..... | 67 |
| B. Saran..... | 67 |
| DAFTAR PUSTAKA | 68 |

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 PT. Semen Padang 1

Gambar 2.2 Logo PT. Semen Padang 2

Gambar 2.3 Struktur organisasi Pemeliharaan Listrik dan Instrumen 7

Gambar 2.4 Skema Proses Produksi Semen di PT. Semen Padang 10

Gambar 2. 5 Proses Pencampuran Material 12

Gambar 2. 6 Blok Diagram Proses Basah 15

Gambar 2. 7 Flow Diagram Proses Kering 16

Gambar 2. 8 Kiln 20

Gambar 2. 9 Silo Klinker 21

Gambar 2. 10 Kelistrikan PT. Semen Padang 24

Gambar 2. 11 Pembangkit Milik PT. Semen Padang 26

Gambar 2. 12 Konfigurasi HTDB 29

Gambar 2. 13 Konfigurasi MDB 29

Gambar 2. 14 Konfigurasi MCC 30

Gambar 3. 1 Konstruksi motor 3 phase 39

Gambar 3. 2 *Power Supply* 41

Gambar 3. 3 *Main Switch* 41

Gambar 3. 4 *Local control panel* 42

Gambar 3. 5 Proses kerja Inverter 43

Gambar 3. 6 Bentuk Gelombang Input (AC) 43

Gambar 3. 7 Bentuk Gelombang Proses (DC) 43

Gambar 3. 8 Bentuk Gelombang Output (AC) 44

Gambar 3. 9 Simbol IGBT 44

Gambar 3. 10 Blok diagram konfigurasi inverter 45

Gambar 3. 11 *Circuit Breaker* 45

Gambar 3. 12 *Auxiliary Relay* 45

Gambar 3. 13 I/O dan *Address* 46

Gambar 3. 14 *Variable Speed Drive* 46

Gambar 3. 15 Wiring diagram *variable speed drive* 48

Gambar 3. 16 Bagan Alir Sistem Operasional Motor Cooling Fan 49

| | |
|---|----|
| Gambar 3. 17 Bagan Alir Pengontrol Motor Cooling Fan Menggunakan VSD. | 50 |
| Gambar 3. 18 Pengawatan Sistem Kontrol Manual | 52 |
| Gambar 3. 19 Pengawatan Sistem Kontrol Otomasi..... | 52 |
| Gambar 3. 20 Perbandingan Pemakaian Arus VSD & DOL..... | 62 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Kapasitas Produksi..... | 22 |
| Tabel 2. 2 Kebutuhan Energi Listrik PT. Semen Padang | 23 |
| Tabel 2. 3 Perencanaan Awal..... | 31 |
| Tabel 2. 4 Kegiatan Harian | 32 |
| Tabel 3. 1 Spesifikasi motor cooling fan 4W1K17M1 | 49 |
| Tabel 3. 2 Kecepatan Motor..... | 54 |
| Tabel 3. 3 Kutub dan Frekuensi | 54 |
| Tabel 3. 4 Perbandingan keluaran VSD dan DOL..... | 62 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Pelaksanaan PLI FT Universitas Negeri Padang

1. Latar Belakang

Bangsa Indonesia selalu menerapkan sebuah sistem pendidikan nasional yang lebih mengarah kepada pengembangan dan peningkatan sumber daya manusia (SDM), dimana seluruh warga negara Indonesia diharapkan memiliki wawasan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), yang nantinya akan dapat membangun bangsa Indonesia untuk lebih maju dan sejahtera. Untuk mencapai tujuan tersebut, perlu dilaksanakan suatu program pendidikan dan pelatihan secara berkesinambungan. Hal ini dimaksudkan agar memiliki keterkaitan yang baik antara dunia pendidikan dengan dunia usaha atau industri demi tercapainya Pembangunan Internasional.

Program Studi Pendidikan Teknik Elektro (S1) Universitas Negeri Padang sebagai salah satu lembaga pendidikan, mengemban tugas dan amanat untuk mengembangkan pendidikan, agar menghasilkan lulusan yang memahami ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), yang siap pakai dan mampu bekerja memenuhi kebutuhan industri. Agar mencapai tujuan tersebut, maka program studi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang menugaskan mahasiswa untuk melaksanakan Kerja Praktek/Magang di perusahaan sebagai program perkuliahan yang harus dituntaskan pada semester 8. Tujuan pelaksanaan kerja praktek ini agar mahasiswa prodi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang dapat mengetahui dan menerapkan ilmu yang diperoleh selama kerja praktek di dunia industri.

Penulis melakukan kerja praktek di PT. Semen Padang. PT Semen Padang merupakan salah satu perusahaan global yang bergerak di bidang pembuatan semen dan memiliki anak perusahaan yang bergerak di berbagai macam bidang, terutama di bidang elektro untuk fasilitas industri baik dalam negeri maupun luar negeri. Serta memiliki fasilitas yang sangat memadai untuk melaksanakan kerja praktek. Dengan diadakannya kerja praktek yang dilakukan oleh mahasiswa, diharapkan adanya hubungan kerja sama antara

pekerja dan pihak pembimbing pada khususnya dan perusahaan pada umumnya. Sehingga ilmu yang diperoleh di dunia kerja dapat disinergikan dan diaplikasikan untuk memperoleh sumber daya manusia yang terampil dan kompeten sehingga akan mendapat *feedback* positif bagi kemajuan bangsa dan negara.

Pada laporan ini penulis membahas tentang pengaplikasian *Variable Speed Drive* pada motor induksi 3 fasa yang bertujuan untuk mengatur kecepatan putaran motor menggunakan frekuensi sehingga dapat meminimalisir pemakaian arus sehingga daya yang terpakai lebih kecil dan ekonomis. Dengan mengambil topik bahasan ini, diharapkan penulis dapat lebih memahami motor induksi 3 fasa, cara pengontrolan motor menggunakan VSD maupun menggunakan DOL dan memahami alternatif penggunaan daya yang lebih ekonomis. Sehingga ilmu yang didapatkan berguna untuk diaplikasikan ke dunia kerja industri maupun pendidikan.

2. Tujuan

Adapun tujuan pelaksanaan kerja praktik ini adalah:

1. Merupakan salah satu mata kuliah wajib untuk persyaratan mendapatkan gelar sarjana.
2. Kerja praktek bertujuan untuk memberikan bekal pengalaman dunia kerja kepada mahasiswa.
3. Kerja praktek dapat dijadikan sebagai sarana untuk meningkatkan ilmu pengetahuan, dengan mendapatkan pembinaan serta keterampilan dalam memecahkan suatu permasalahan yang terjadi di dunia kerja.
4. Kerja praktek juga bertujuan untuk menjalin hubungan silaturahmi antara dunia pendidikan dengan dunia industri dalam mendidik mahasiswa.
5. Kerja praktek dapat melatih beradaptasi dengan lingkungan industri dan dunia usaha melalui keikutsertaan dalam disiplin kerja dan mematuhi peraturan yang telah ditetapkan oleh pihak industri.
6. Kerja praktek yang dilakukan di PT Semen Padang dapat dijadikan sebagai sarana bagi mahasiswa untuk terjun langsung melihat kondisi lapangan kerja industri.

7. Kerja praktek yang dilakukan di PT Semen Padang dapat melatih mahasiswa untuk terbiasa dengan sistematis kerja dilapangan industri.
8. Kerja praktek yang dilakukan di PT Semen Padang ini mengangkat judul “Pengaplikasian *Variable Speed Drive* untuk Pengontrollan Kecepatan Motor *Cooling Fan 4W1K17M1* di Area *Grate Cooler Kiln Indarung IV* PT. Semen Padang.” yang bertujuan untuk mahasiswa agar lebih memahami cara pengontrollan kecepatan motor induksi yang efektif dan ekonomis.

3. Batasan Masalah

Pada laporan ini, terdapat batasan masalah agar pembahasan tepat dan ringkas, yakni dalam pelaksanaan Praktek Lapangan Industri secara umum meliputi mengenai **Pengaplikasian *Variable Speed Drive* untuk Pengontrollan Kecepatan Motor *Cooling Fan 4W1K17Mio1* di Area *Great Cooler Kiln Indarung IV* PT. Semen Padang.**

4. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Kerja praktek ini dilaksanakan di Biro Pemeliharaan Listrik dan Instrumen (PLI) Indarung IV PT. Semen Padang. Adapun waktu pelaksanaannya dilakukan selama 40 hari kerja (5 hari dalam seminggu) mulai dari tanggal 7 Maret 2022 – 29 April 2022.

5. Sistematisa Penulisan

Untuk mempermudah penulisan laporan ini, maka penulis membuat suatu sistematisa pembahasan, yang mana sistematisa pembahasan merupakan urutan dari pembahasan laporan. Sistematisa penulisan laporan adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab ini menjelaskan latar belakang, tujuan, batasan masalah, tempat dan waktu pelaksanaan kerja praktek serta sistematisa penulisan laporan.

BAB II Tinjauan Umum PT. Semen Padang

Bab ini berisi tentang profil dan sejarah singkat PT. Semen Padang, serta proses pembuatan semen dimulai dari penambangan sampai dengan *packing plant*.

BAB III Sistem Kelistrikan Dan Instrumentasi PT. Semen Padang

Bab ini berisi tentang bagaimana sistem – sistem kelistrikan yang ada pada PT. Semen Padang dan bagaimana cara pendistribusiannya.

BAB IV Pembahasan

Pembahasan tentang **Pengaplikasian *Variable Speed Drive* untuk Pengontrollan Kecepatan Motor *Cooling Fan 4W1K17M1* di Area *Grate Cooler Kiln Indarung IV PT. Semen Padang*.**

BAB V Penutup

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulisan Laporan Kerja Praktek ini, agar dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam upaya peningkatan dan perkembangan dimasa mendatang.

BAB II

TINJAUAN PERUSAHAAN

A. Gambaran Umum PT. Semen Padang

1. Sejarah Singkat PT. Semen Padang



Gambar 2.1 PT. Semen Padang

PT Semen Padang (Perusahaan) didirikan pada tanggal 18 Maret 1910 dengan nama NV Nederlandsch Indische Portland Cement Maatschappij (NV NIPCM) yang merupakan pabrik semen pertama di Indonesia. Kemudian pada tanggal 5 Juli 1958 Perusahaan dinasionalisasi oleh Pemerintah Republik Indonesia dari Pemerintah Belanda. Selama periode ini, Perusahaan mengalami proses kebangkitan kembali melalui rehabilitasi dan pengembangan kapasitas pabrik Indarung I menjadi 330.000 ton/ tahun. Selanjutnya pabrik melakukan transformasi pengembangan kapasitas pabrik dari teknologi proses basah menjadi proses kering dengan dibangunnya pabrik Indarung II, III, dan IV.

Pada tahun 1995, Pemerintah mengalihkan kepemilikan sahamnya di PT Semen Padang ke PT Semen Gresik (Persero) Tbk bersamaan dengan pengembangan pabrik Indarung V. Pada saat ini, pemegang saham Perusahaan adalah PT Semen Indonesia (Persero) Tbk dengan kepemilikan saham sebesar 99,99% dan Koperasi Keluarga Besar Semen Padang dengan saham sebesar 0,01 %. PT Semen Indonesia (Persero) Tbk sendiri sahamnya dimiliki mayoritas oleh Pemerintah Republik Indonesia sebesar 51,01%. Pemegang saham lainnya sebesar 48,09% dimiliki publik. PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. merupakan perusahaan yang sahamnya tercatat di Bursa Efek Indonesia.

2. Logo PT. Semen Padang



Gambar 2.2 Logo PT. Semen Padang

Logo PT Semen Padang (PTSP) pertama kali diciptakan pada 1910, semasih bernama *Nederlandsch Indische Portland Cement* (Pabrik Semen Hindia Belanda). Logonya berbentuk bulat, terdiri atas dua lingkaran (besar dan kecil) dengan posisi lingkaran kecil berada di dalam lingkaran besar. Di antara kedua lingkaran tersebut terdapat tulisan "Sumatra Portland Cement Works". Di dalam lingkaran kecil terdapat huruf N.I.P.C.M, singkatan *Nederlandsch Indische Portland Cement Maatschappij*, sebuah pabrik semen di Indarung, 15 km di timur kota Padang.

Logo itu hanya berumur 3 tahun karena pada 1913 dibuat sebuah logo baru, meski bentuk bulat dengan dua garis lingkaran dan kata-katanya tetap dipertahankan. Hanya saja, NIPCM ditambah dengan NV. Nah, ini yang menarik: ada gambar seekor kerbau jantan dalam lingkaran kecil tampak sedang berdiri menghadap ke arah kiri dengan latar panorama alam Minangkabau. Gambar ini menggantikan posisi huruf NIPCM sebelumnya. Logo itu diubah lagi pada 1928. Kata *Nederlandsch Indische* diubah menjadi Padang. Jadi, tulisan di antara kedua lingkaran tersebut adalah N.V. Padang Portland Cement Maatschappij. Di bagian bawahnya tertulis *Fabrik di Indarung Dekat Padang, Sumatera Tengah*, yang ditulis dengan huruf yang lebih kecil. Muncul bahasa Melayu, setelah Sumpah Pemuda pada 1928. Dalam lingkaran kecil, selain gambar kerbau, terdapat gambar seorang laki-laki yang sedang berdiri di depan sebelah kanan kerbau sambil memegang tali kerbaunya. Ada pula gambar sebuah rumah adat, kelihatan hanya dua gonjongnya, di belakang sebelah kanan kerbau. Panorama di latar belakang ditambah dengan lukisan Gunung Merapi,

lambang sumarak ranah Minang. Gambar kerbau tetap ditampilkan mendominasi di lingkaran kecil tersebut.

Jepang kemudian datang membawa perubahan, NV PPCM diganti dengan Semen Indarung. Logo PT SP tidak diubah, kecuali perubahan tulisan dari bahasa Belanda ke bahasa Indonesia. Demikianlah sampai Perang Kemerdekaan (1945-1949). Ada sedikit perubahan, yaitu digantinya tulisan Semen Indarung dengan Kilang Semen Indarung. Saat Belanda kembali pada 1950, nama NVPPCM muncul kembali. Logo PTSP dimodifikasi lagi, pada 1958. Logonya yang bulat dipertahankan, tapi tulisan NV PPCM diganti dengan Semen Padang Pabrik Indaroeng. Gambar kerbau tetap ada. Tapi tiada lagi gambar seorang laki-laki, rumah adat, dan gambar panorama Gunung Merapi. Penggantinya adalah gambar atap rumah gadang dengan lima gonjong di atas gambar kerbau.

Logo PTSP diperbarui lagi pada 1970. Dua lingkaran dihilangkan, sehingga tulisan Padang Portland Cement Indonesia dibuat melingkar sekaligus menjadi pembatasnya. Gambar kerbau hanya menampilkan kepalanya saja dengan posisi menghadap ke depan. Di atas kepala kerbau dibuat pula gambar atap/gonjong (5 buah) rumah adat. Muncul pula moto PTSP yang berbunyi "Kami Telah Berbuat Sebelum yang Lain Memikirkan". Namun, pada 1972 logo tersebut dimodifikasi dengan memunculkan dua garis lingkaran: besar dan kecil. Perubahan terjadi lagi pada 1991, saat tulisan Padang Portland Cement menjadi Padang Cement Indonesia.

Pada 1 Juli 2012, PT SP kembali melakukan perubahan logo. Pada perubahan kali ini, PT Semen Padang tidak melakukan perubahan yang bersifat fundamental karena brand perusahaan tertua di Indonesia ini dinilai sudah kuat. Pergantian ini dilakukan dengan pertimbangan, logo yang dipakai sebelumnya memiliki ciri, tanduk kerbau kecil dan *complicated* (rumit). Mata kerbau kelihatan old (tua), gonjong dominan, dan telinga terlihat *off position*. Pada logo baru disempurnakan menjadi, tanduk kerbau menjadi besar dan kokoh/melindungi, mata kelihatan tajam/tegas, gonjong menjadi sederhana (crown), dan telinga pada posisi "on" (selalu mendengar).

Logo baru ini memiliki kriteria dan karakter yang kokoh (identitas semen), universal (tidak kedaerahan), lebih simpel (mudah diingat/memorable), dan lebih konsisten (aplicable dalam ukuran terkecil).

2. Visi dan Misi Perusahaan

PT. Semen Padang sebagai badan usaha milik negara (BUMN) mempunyai visi dan misi sebagai berikut:

Visi:

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

"To become a reliable, leading and environment friendly cement industry"

Misi:

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

3. Struktur Organisasi PT. Semen Padang

Organisasi merupakan suatu wadah dari sekelompok yang bekerja sama dalam melaksanakan tugas-tugas yang ditetapkan untuk mencapai tujuan bersama. Struktur organisasi memberikan gambaran perusahaan secara menyeluruh, tingkat tanggung jawab, wewenang dan tugas yang jelas.

PT. Semen Padang menggunakan struktur organisasi fungsional yang membentuk line dan staf. Struktur organisasi PT. Semen Padang terdiri

dari staf dan pemegang saham sebagai pemilik kekuasaan tertinggi, dalam hal ini pemerintah melalui dewan komisaris. Staf adalah orang yang ahli dalam bidang tertentu, yang bertugas memberi saran dan nasehat dalam bidangnya kepada pemimpin.

PT. Semen Padang memiliki lima orang direksi yang diangkat dan diberhentikan oleh Menteri Perindustrian dan Perdagangan. Struktur organisasi PT. Semen Padang bila dikelompokkan berdasarkan tugas dan wewenang adalah sebagai berikut:

1. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris dipilih dalam Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Tugas dewan ini secara umum adalah sebagai dewan pengarah (steering committee) dan tempat berkonsultasi bagi direktur dalam mengambil suatu keputusan.

2. Dewan Direksi

Dewan Direksi terdiri dari Direktur Utama yang dibantu oleh tiga orang Direktur yaitu Direktur Komersil, Direktur Keuangan, Direktur Produksi yang diangkat berdasarkan Surat Keputusan Menteri Keuangan Direksi No.16/SKD/DESDM/02.2014 pada tanggal 26 Februari 2014. 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 bagian pengawasan intern serta program pengendalian mutu terpadu dan lembaga-lembaga penunjang lainnya.

Departemen yang langsung berada dibawah Direktur Utama adalah:

1. Direktur Komersil yang membawahi:

- a. Departemen Penjualan
- b. Departemen Perencanaan dan Pengembangan Pemasaran
- c. Departemen Distribusi dan Transportasi

2. Direktur Produksi yang membawahi:

- a. Departemen Tambang
- b. Departemen Produksi II/III/IV

- c. Departemen Produksi V/ VI
 - d. Departemen Teknik Pabrik (TP)
3. Direktur Keuangan yang membawahi:
- a. Departemen Pembendaharaan
 - b. Departemen Akuntansi dan Pengendalian Keuangan
 - c. Departemen Sumber Daya Manusia
 - d. Departemen Sistem Informasi (SISFO)

Ketiga direktur ini bertindak sebagai pengelola langsung (Dewan Direksi). Selain departemen yang tersebut diatas Dewan Direksi dibantu oleh badan setingkat departemen yang memiliki tanggung jawab langsung terhadap Dewan Direksi, yaitu:

- 1. Satuan Pengawas Intern / Internal Audit
- 2. Sekretaris Perusahaan

Untuk operasionalnya masing-masing direksi dibantu oleh karyawan yang dibagi atas (Divisi Pabrik, 1982):

- 1. Karyawan Tetap
 - a. Staf, sebagai kepala departemen, sub-departemen, biro, dan kepala bidang.
 - b. Non-staf, sebagai kepala regu (asisten supervisor sebagai penanggung jawab distribusi dan kelancaran kerja di lingkungan seksinya) beserta bawahannya.
- 2. Karyawan Harian

Karyawan yang tidak memiliki nomor induk pegawai perusahaan dan masa kerja seharian.
- 3. Karyawan Honor

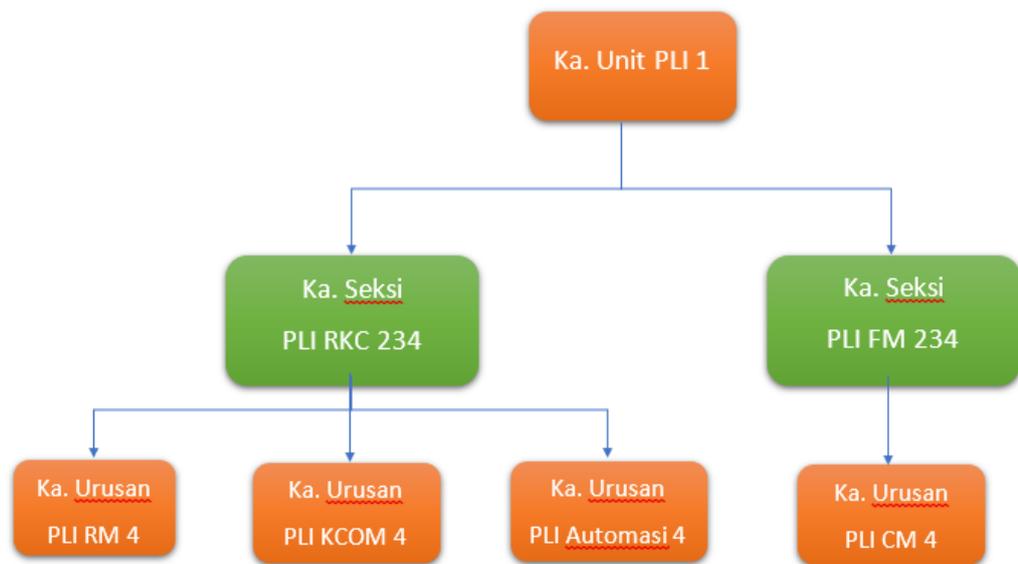
Sama dengan karyawan harian tapi kedudukannya lebih dan waktu kerja yang sama.

Disamping itu direktur utama bersama direktur lainnya yang disebut Dewan Direksi juga membawahi beberapa Anak Perusahaan dan Lembaga Penunjang (APLP) dan Panitia Pelaksana Keselamatan

dan Kesehatan Kerja (P3K3). Anak Perusahaan yang ada sekarang adalah:

1. PT. Igasar
2. PT. Yasiga Sarana Utama
3. PT. Andalas Yasiga Perkasa
4. PT. Pasoka Sumber Karya

5. Struktur organisasi Pemeliharaan Listrik dan Instrumen



Gambar 2.3 Struktur organisasi Pemeliharaan Listrik dan Instrumen

Keterangan:

K. Unit PLI : Kepala Unit Pemeliharaan Listrik dan Instrumen 1
SANTORO

Ka. Seksi PLI RKC 2-3-4: Kepala Bidang Pemeliharaan Listrik dan Instrumen
RKC4
ESRON TARIGAN, S.T.

Ka. Seksi PLI FM 234 : Kepala Bidang Pemeliharaan Listrik dan Instrumen FM
4
ANGGA DWI PERMANA PUTRA

Ka. Urusan PLI RM 4 : Kepala Urusan Pemeliharaan Listrik dan Instrumen
RM 4

YUDHISTIRA FANNY

RUDI ANTONI

Ka. Urusan PLI KCOM. 4 : Kepala Urusan Kiln Coal Mill IV

OGIE MARTADINATA

YOPI ALEXANDRITO

Ka. Urusan PLI Automasi 4: Kepala Urusan Automasi 4

ROBBY WIRZA

Ka. Urusan PLI CM 4 : Kepala Urusan Pemeliharaan Instrumen CM 4

SAFRIZAL

DESRIANTO

6. Manajemen Perusahaan

Dalam mengelola suatu perusahaan agar dapat berjalan dengan baik dan benar, maka diperlukan manajerial yang terstruktur dan terprogram. Dimana sistem manajemen inilah nantinya yang akan menentukan jalannya roda perusahaan. Sistem manajemen ditentukan oleh pengambil keputusan atau pimpinan perusahaan yang akhirnya dilahirkan kebijaksanaan yang penting bagi perusahaan sehingga perusahaan dapat berjalan dengan baik.

Manajemen merupakan suatu hal yang sangat penting dalam mengelola suatu perusahaan. Lancar tidaknya kegiatan dalam suatu perusahaan sangat tergantung pada sistem manajemen yang dipakainya. Tidak ada suatu perusahaan pun yang dapat bertahan tanpa memiliki sistem manajemen yang efektif dan efisien. Manajemen adalah bagaimana membuat orang lain mau bekerja serta rela mengerjakan pekerjaan yang kita kehendaki. Dari pengertian di atas dapat diartikan bahwa seorang pemimpin perusahaan dalam melaksanakan tugas-tugasnya tidak terlepas dari fungsi-fungsi manajemen,

karena melalui fungsi manajemen itulah tujuan yang dikehendaki oleh perusahaan dapat tercapai.

Berdasarkan garis besarnya fungsi manajemen itu dapat dibagi atas :

1. *Planning* (perencanaan)
2. *Organizing* (pengorganisasian)
3. *Actuating* (penggerakan)
4. *Controlling* (pengawasan)

Keempat fungsi manajemen itu harus dilaksanakan oleh pemimpin perusahaan dalam melaksanakan tugasnya, yaitu:

1. *Planning* (Perencanaan)

Planning merupakan fungsi manajemen untuk melaksanakan tujuan policy dan program perusahaan. Setiap kegiatan-kegiatan yang tercapai atau dilaksanakan harus dibuat perencanaannya terlebih dahulu. Pada PT. Semen Padang perencanaan dibuat oleh pemimpin sedangkan perencanaan yang sifatnya kecil pada masing-masing unit dilaksanakan oleh masing-masing unit itu sendiri.

2. *Organizing* (Pengorganisasian)

Struktur organisasi merupakan kelengkapan yang penting bagi perusahaan dimana di dalamnya tergambar tingkat tanggung jawab, wewenang dan tugas yang jelas. Organisasi merupakan gabungan dari beberapa orang yang terkoordinir untuk mencapai tujuan pembagian tugas.

3. *Actuating* (Penggerak)

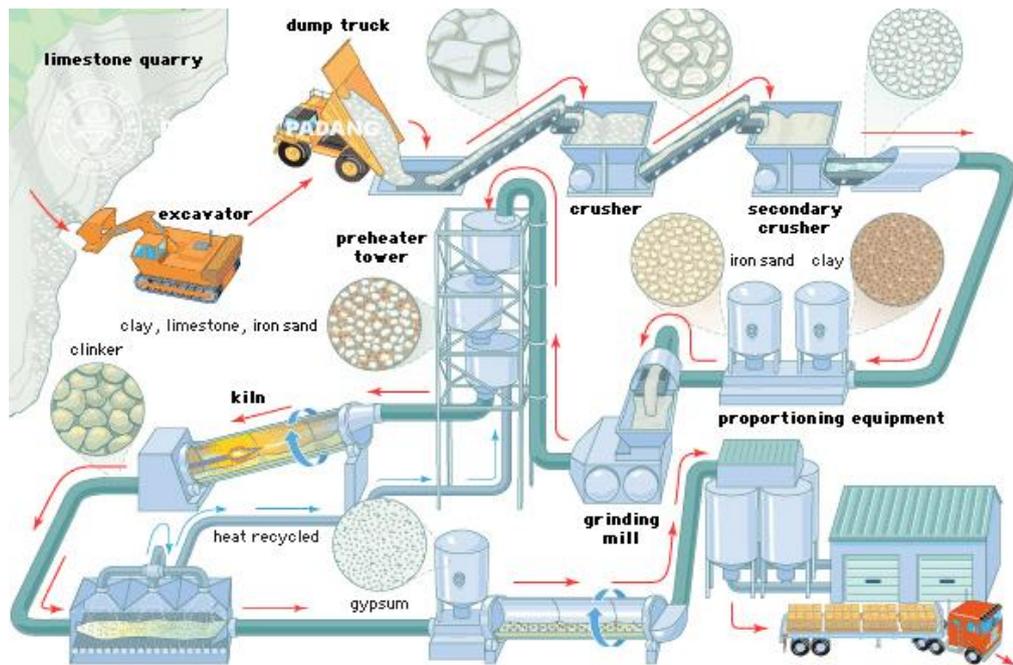
Actuating merupakan suatu usaha penggerakan seorang pemimpin terhadap bawahannya. Jadi di sini yang menjadi fokusnya adalah manusia yang dikenal secara luas dengan hubungan silaturahmi antar manusia. Pada PT. Semen Padang hal ini dilaksanakan dengan cukup baik dengan adanya koperasi karyawan, siraman rohani secara berkala, dharma wanita perusahaan dan lain-lain.

4. *Controlling* (Pengontrolan)

Controlling merupakan tindakan yang harus dilaksanakan oleh seorang pemimpin perusahaan untuk menjaga agar tidak terjadi

penyimpangan, penyelewengan tugas dan wewenang dari yang telah ditentukan semula, sehingga dapat dicapai hasil yang baik pula. Pada PT. Semen Padang pengawasan dilakukan terhadap proses produksi, keuangan, tugas, sistem dan prosedur hasil produksi.

7. Produksi PT. Semen Padang



Gambar 2.4 Skema Proses Produksi Semen di PT. Semen Padang

Secara umum proses produksi semen terdiri dari beberapa tahapan:

1. Tahap penambangan bahan mentah (quarry). Bahan dasar semen adalah batu kapur, tanah liat, pasir besi dan pasir silica. Bahan-bahan ini ditambang dengan menggunakan alat-alat berat kemudian dikirim ke pabrik semen.
2. Bahan mentah ini diteliti di laboratorium, kemudian dicampur dengan proporsi yang tepat dan dimulai tahap penggilingan awal bahan mentah dengan mesin penghancur sehingga berbentuk serbuk.
3. Bahan kemudian dipanaskan di *preheater*
4. Pemanasan dilanjutkan di dalam *kiln* sehingga bereaksi membentuk kristal *klinker*

5. Kristal *klinker* ini kemudian didinginkan di *cooler* dengan bantuan angin. Panas dari proses pendinginan ini di alirkan lagi ke *preheater* untuk menghemat energi
6. *Klinker* ini kemudian dihaluskan lagi dalam tabung yang berputar yang bersisi bola-bola baja sehingga menjadi serbuk semen yang halus.
7. Klinker yang telah halus ini disimpan dalam *silo* (tempat penampungan semen mirip tangki minyak pertamina)
8. Dari *silo* ini semen dipak dan dijual ke konsumen.

8. Material Dasar

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:

- a. Batu Kapur (Lime Stone)
- b. Batu Silika (Silika Stone)
- c. Tanah Liat (Clay)
- d. Pasir Besi (Iron Sand)

9. Semen Penggilingan dan Pencampuran

Terdapat dua tempat proses produksi semen pada pabrik indarung IV yaitu indarung 3B dan indarung 3C. Batu kapur dari *storage* ditransport dengan *belt conveyor* ke *hopper lime stone* LO2 3B dan LO2 3C. Silika dan tanah liat juga mempunyai *hopper* tersendiri pada indarung 3B dan 3C. Sedangkan pasir besi hanya punya satu *hopper* (LO1) karena penggunaannya cukup sedikit. Material material yang tersimpan pada *hopper* dijatuhkan ke *belt conveyor* menggunakan *dosimat feeder*. Berdasarkan fungsinya yaitu alat yang bekerja dengan memanfaatkan pengaruh gaya gravitasi untuk menentukan proporsi material secara akurat

berdasarkan input yang diberikan. Sehingga *feeding* material dapat ditentukan dengan perhitungan ton/jam. Terdapat dua jenis *lime stone dosimat feeder*, yaitu *rubber belt feeder* dan *apron feeder*. Indarung IV 3B menggunakan *apron feeder* dan 3C menggunakan *rubber belt feeder*.



Gambar 2. 5 Proses Pencampuran Material

Batu kapur dijatuhkan ke *belt conveyor* secara merata, kemudian ketika *belt conveyor* melewati *hopper* silika, *hopper* tanah liat, dan *hopper* pasir besar, material-material tersebut dijatuhkan secara merata dengan rentang waktu pengeluaran agar campuran material sesuai komposisinya. Komposisi pencampuran material adalah batu kapur 81%, silika 9%, tanah liat 8%, dan pasir besi 2%. Material yang sudah tercampur tersebut dibawa oleh *belt conveyor* menuju *Raw Mill*. *Raw mill* 3B menggunakan *tube mill* sebagai penggilingan utama dan *Raw mill* 3C menggunakan *vertical mill*.

➤ Raw Mill 3B

Empat material bahan baku semen bercampur dalam satu *belt conveyor* J03 dan dibawa menuju *Raw Mill* IIIB M01. Tipe *Raw Mill* IIIB adalah tipe *Tube Mill* atau *Duodan Mill* yang terdiri dari 3 *chamber* (kamar). *Chamber* I untuk pengeringan, *chamber* II untuk penggilingan kasar dan III untuk penggilingan halus. Material masuk ke *Raw Mill* IIIB melalui *double gate valve* R02 yang berguna untuk mencegah keluarnya gas panas dari raw mil melalui *raw mix feeding*.

Material dan gas panas masuk ke inlet di *chamber* I untuk dikeringkan dengan menggunakan gas panas yang berasal dari kiln

(string A). Setelah mengalami pengeringan material digiling di *chamber* II. Proses penggilingan terjadi akibat tumbukan antara bahan baku dengan *grinding* media yang jatuh dari ketinggian tertentu saat mengikuti gerakan putaran *tube*. *Grinding media* berbentuk seperti bola tenis terbuat dari besi dengan ukuran tertentu, untuk menjaga efisiensi penggilingan sepanjang *mill* diperlukan pemilihan *grinding media* yang tepat. Hal ini bisa dicapai dengan cara memisahkan ruang penggilingan kasar dan ruang penggilingan halus dengan menggunakan diafragma berlubang. Karena tarikan *fan*, gas panas yang bercampur material sangat halus keluar melalui bagian tengah *mill* dan masuk ke *grate separator* S05. Di *grate separator* S06 dan S07 material yang bercampur gas dipisahkan, material yang tidak terbawa gas keluar lewat bagian bawah *grate separator* dan dibawa oleh *air slide* R0IU10 masuk ke dalam *bucket elevator* J11 untuk dibawa ke separator, sedangkan gas yang bercampur sedikit material sangat halus ditarik oleh *fan* menuju dua unit *cyclone* untuk pemisahan lebih lanjut. Di *cyclone* S01 dan *cyclone* S02 material dipisahkan dan dikirim ke silo menggunakan *air slide* 4R2U14, 4R2U16 dan gas yang keluar dari kedua *cyclone* masuk ke ESP P11. Di ESP material yang terpisahkan dari gas langsung dibawa ke silo sedangkan gas dibuang ke udara.

Material hasil penggilingan yang tidak terbawa oleh gas panas, keluar di bagian tengah *Raw Mill* menuju ke *bucket elevator* J11 menggunakan *air slide* R01U10. Karena *Raw Mill* IIIB menggunakan dua buah separator, maka aliran material keluar dari *bucket elevator* dibagi dua oleh *diverting gate* R01 menuju ke separator S01 dan separator S02. Di dalam kedua separator material dipisahkan antara material kasar dengan material halus. Material halus dibawa oleh *air slide* menuju CF Silo (Controlled Flow Silo) dan yang kasar dikembalikan ke *Tube Mill* IIIB untuk digiling lagi di *chamber* III dan sebagian kecil di *chamber* II.

➤ Raw Mill 3C

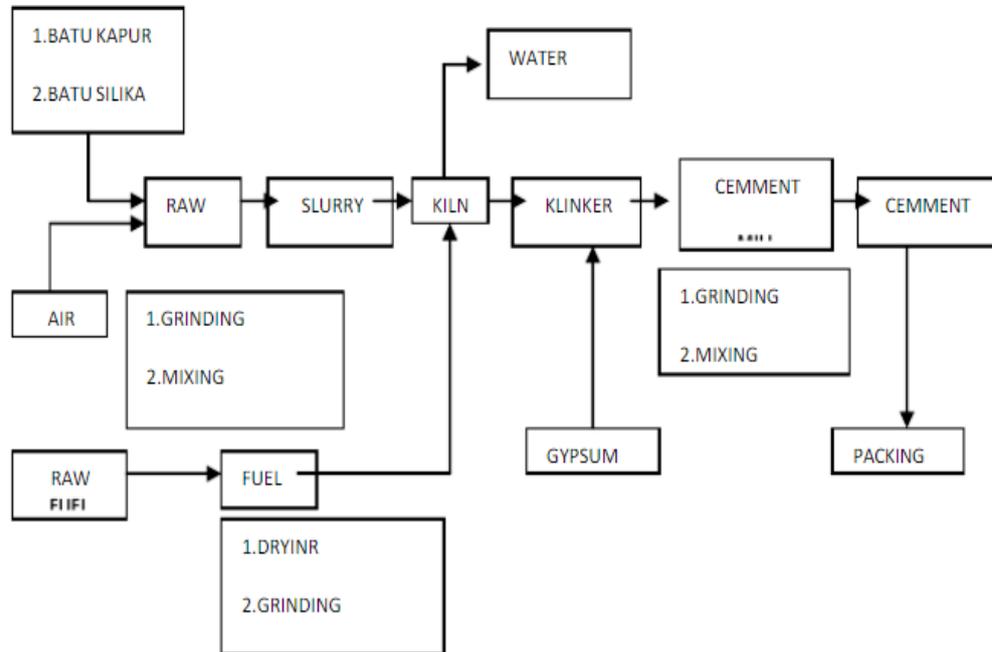
Material masuk ke *Raw Mill* IIC (M01) melalui *triple gate valve* (R02) yang fungsinya untuk mencegah keluarnya udara panas dari *Raw Mill*. Udara panas masuk ke *Raw Mill* IIC pada suhu 217°C, gas ini berasal dari kiln *string* B. Material masuk dari inlet di bagian atas *Vertical Mill*, Material akan hancur karena tergilas antara putaran *roller* dengan meja penggiling. Material yang berukuran besar akan di hancurkan lebih dulu oleh *roller* menjadi bagian yang lebih kecil, material kecil hasil penggilingan berada pada bagian tengah meja penggilingan. Dengan masuknya aliran udara yang berkecepatan tinggi akan mengangkat partikel menuju ruang pemisahan dan bagian yang kasar akan kembali ke meja penggiling untuk mengalami penggilingan lebih lanjut.

Gas panas yang masuk dari bagian bawah *mill* diatur masuknya dengan bukaan *dampers*. Aliran gas panas bersama material halus keluar *mill* setelah melalui *classifier* yang ada di dalam *mill* menuju ke *cyclone* S12, dan *cyclone* S1 dan ke *cyclone* S14 dan *cyclone* S16. Pada masing-masing *cyclone* tersebut gas dan material dipisahkan. Material yang jatuh dari *cyclone* S10 dan S16 dibawa menuju CF silo dengan menggunakan *air sluice* U01 sedangkan dari *cyclone* S12 dan S14 dibawa dengan menggunakan *air sluice* U03. Kemudian kedua aliran bergabung di *air slide* U05 kemudian ke U07 dan ke *bucket elevator* 4R2U15. Dari *bucket elevator* 4R2U15 material masuk ke *air sluice* 4R2U30 dan masuk ke dalam CF Silo Sedangkan gas yang bercampur dengan material yang sangat halus masuk ke ESP P11. Di ESP material dipisahkan dari gas dan dibawa dengan menggunakan *screw conveyor* kemudian *air sluice* ke CF silo.

1. Penggilingan Basah

Campuran bahan mentah digiling dalam raw mill dengan menambahkan air dalam jumlah tertentu, biasanya 30% - 40%. Penggilingan dilakukan di dalam raw mill dimana di dalamnya terdapat grinding media, yaitu berupa bola-bola baja berdiameter 30 – 90 mm. Mill tersebut berputar, maka terjadilah pukulan antara grinding media.

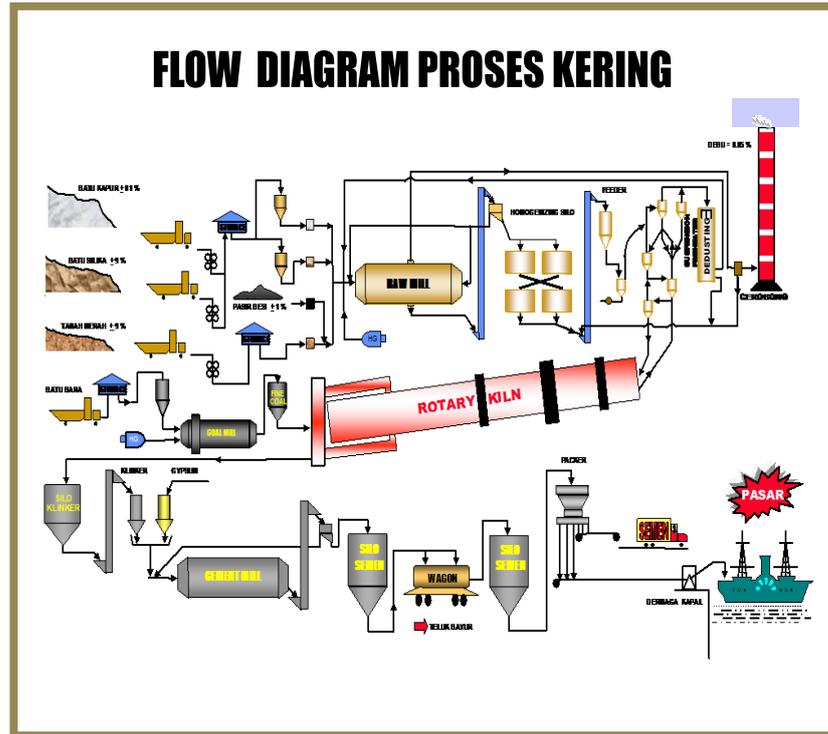
Campuran bahan mentah yang telah menjadi cairan keluar dari raw mill ini disebut slurry. Agar slurry yang dihasilkan lebih homogen maka padanya dilakukan proses homogeneizing yaitu mengaduknya secara mekanik atau menggunakan udara tekan di dalam bak penampungan.



Gambar 2. 6 Blok Diagram Proses Basah

2. Penggilingan Kering

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



Gambar 2. 7 Flow Diagram Proses Kering

10. Pembakaran

1. Persiapan Bahan Bakar di Coal Mill

Batu bara dari storage masuk ke hopper batu bara L01 yang dilengkapi dengan timbangan logic untuk mengetahui jumlah batu bara dalam hopper. Kemudian masuk ke drag chain A02 sebagai alat transport dan pengatur jumlah batu bara yang akan digiling, kemudian dibawa ke Coal Mill M01. Tipe Coal Mill Indarung IV ini adalah Vertical Mill dengan menggunakan 2 roller.

Material masuk di tengah grinding table dan dilemparkan ke pinggir oleh gaya sentrifugal yang di hasilkan dari putaran grinding table dan digiling oleh roller. Penghancuran dan penggilingan disebabkan oleh adanya tekanan dan gesekan yang berasal dari sistem hydro-pneumatic spring yang menekan lengan roller yang dihasilkan oleh sistim hidraulic. Material yang telah hancur dan halus akan dilemparkan ke luar grinding table oleh gaya sentrifugal ke tengah. Aliran gas panas yang memasuki mill melalui louvre ring mengangkat material yang menuju classifier dan air yang berada dalam material dikeringkan oleh udara panas. Pada clasifier

material kasar dipisahkan dan jatuh lagi ke tengah table dan digiling kembali.

Material halus terbawa oleh gas panas menuju *cyclone* S02. Di *cyclone* S02 akan dipisahkan kembali material dan gas yang membawa material halus. Material yang keluar dari bawah *cyclone* S02 dibawa dengan menggunakan *screw conveyor* 303. Sedangkan material di *cyclone* S02 yang terbawa gas halus masuk ke EP P11 dipisahkan dari gas, kemudian dibawa dengan *screw conveyor* J01. Kemudian produk yang dibawa *screw conveyor* J03 dan J01 bergabung di *reversible screw conveyor* J04. *Screw conveyor* inilah yang mengisi bin batu bara L11 untuk *calciner* dan bin batu bara L12 untuk kiln secara bergantian. Dari masing-masing bin tersebut *coal mill* diumpankan ke kiln dengan menggunakan *rotary scale pfister*. Sedangkan udara transpornya disuplai oleh *blower*.

Sebagian udara yang keluar dari EP P11 disirkulasikan kembali ke dalam *Mill* sedangkan udara yang akan dibuang ke udara bebas dianalisa kandungan CO dan O₂ nya. Analisis Kandungan CO berguna untuk mencegah terjadinya peledakan pada EP jika kandungan CO nya berlebih dan pencemaran lingkungan, sedangkan kandungan O₂ untuk mencegah peledakan pada EP dan mendeteksi pembakaran apakah berjalan sempurna atau tidak pada kiln dan calsiner.

2. Flow Proses di Kiln

Jumlah *raw mix* yang akan diumpankan ke *kiln* dapat diatur dengan menggunakan *solid flow feeder*. *Raw mix* yang diumpankan dibagi menjadi 2 aliran oleh *split gate*, ke *string* A (yang terdiri dari 4 *stage cyclone* dan *string* B (yang terdiri dari 4 *stage cyclone*).

Raw mix di *string* A masuk ke gas *duct cyclone* A 52 dan dibawa oleh gas panas ke *cyclone* kembar A51 dan A61. Di gas *duct* ini terjadi perpindahan panas dari udara ke material secara yang mengalir secara *co-current*. Di kedua *cyclone* ini material dipisahkan dari gas panas dan jatuh ke *down pipe* menuju gas *duct cyclone* A53. Material dibawa oleh gas panas yang keluar dari A53 menuju *cyclone* A52. Dari A52 dibawa oleh gas panas yang keluar dari A54 menuju *cyclone* A53. Material yang keluar dari A53

dibagi menjadi 2 aliran, sebagian menuju gas *duct* kain dan dibawa oleh gas panas menuju ke *cyclone* A54, dan yang lain menuju *calciner* B55.

Ram mix di *string* B masuk lewat ke gas *duct cyclone* B52 dan membawa material ke *cyclone* B51. Dari B51 masuk ke gas *duct cyclone* B53 dan dibawa menuju B52. Dari B52 dibawa oleh gas panas menuju B53 dan dari B53 masuk ke *calciner* B55. Dari *calciner* B55 material masuk ke B54, kemudian material yang keluar dari B54 dibawa oleh gas panas dari kiln ke A 54. Selanjutnya dari A54 material masuk ke kiln

Dalam rangkaian *cyclone* ini *raw mix* akan di panaskan bertahap dari temperatur 60 - 800 °C oleh gas panas dari kiln dan *calciner*. *Calciner* merupakan pengembangan dari *sistem suspension preheater* (SP) yaitu *new suspension preheater* (NSP). Pada saat umpan kiin terkalsinasi di NSP maka proporsi panas terbesar dikonsumsi oleh disosiasi CaCO_3 sebesar 475 kcal/kg *klinker*. Disosiasi ini terjadi pada suhu 900°C dalam waktu 2-12 detik. Di *calciner* derajat kalsinasi mencapai 90%. Dengan adanya *calciner* konsumsi panas bisa direduksi hingga 5-10% dari sistem *suspension preheater* biasa/ tanpa *calciner*. Dengan kapasitas yang sama, pada SP biasa konsumsi panas terjadi hanya pada kiln sehingga kiln bekerja berat untuk reaksi kalsinasi, namun dengan adanya *calciner* konsumsi panas dibagi ke kiln dan *calciner* dimana perbandingannya konsumsi panas kiln *calciner* 1:2, sehingga konsumsi panas kiln dapat berkurang dan kiln tidak bekerja dengan berat. Panas pada *calciner* diperoleh dari *main burner* sedangkan udara pembakaran dari *grate cooler* dilewatkan dulu ke *cyclone* B56 untuk memisahkan *klinker* yang terbawa udara panas.

Kiln merupakan sebuah silinder baja yang dilapisi oleh batu tahan api (*fire bricks*) dan dipasang dengan kemiringan 4°. Batu tahan api digunakan sebagai isolator agar panas tidak terbuang keluar karena sebagian besar proses perpindahan panas ditentukan oleh proses radiasi. Material dari *calciner* dibawa ke *cyclone* A54 oleh gas panas *kiln*, untuk selanjutnya dari A54 material diumpangkan ke *kiln*, kemudian mengalir sepanjang kiln karena adanya perputaran *kiln* dengan kecepatan 3 rpm dan kemiringan *kiln*. Di

dalam *kiln* material mengalami reaksi pembakaran dan pembentukan *klinker*. Berdasarkan temperaturnya *kiln* dibagi menjadi beberapa zone :

a) Zona kalsinasi (*Calcinating Zone*).

Calcinating Zone merupakan daerah dalam *kiln* tempat terjadinya kalsinasi. Panjang daerah ini sekitar 28,5 m. Daerah ini rentang suhunya antara 700-900°C.

Reaksi yang terjadi adalah :



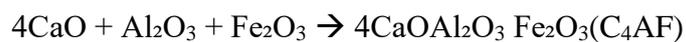
b) *Transition Zone*

Pada daerah ini terjadi proses akhir kalsinasi. Rentang suhu antara 900-1200°C. Panjang daerah ini sekitar 21 m.

c) *Burning Zone*

Pada zona ini terjadi proses *sintering* (pemijaran) yang menghasilkan klinker (C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF). Rentang suhu pada zona ini antara 1200°C – 1450°C. Daerah ini merupakan daerah dengan suhu tertinggi dalam *kiln*, dilapisi oleh coating yang terbentuk oleh adanya *liquid phase* akibat pelelehan sebagian C_3A dan C_4AF pada temperatur 1300 °C. Coating ini melapisi permukaan *fire bricks* sehingga dapat meningkatkan ketahanan *fire bricks*. Panjang daerah ini sekitar 30,5 m.

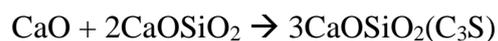
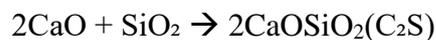
Reaksi yang terjadi pada proses pemijaran adalah:



Reaksi ini berlangsung hingga senyawa Fe_2O_3 habis beraksi.



Reaksi ini berlangsung hingga senyawa Al_2O_3 habis beraksi.



Untuk memproduksi klinker semen, bahan baku harus dipanaskan hingga suhu +/- 1450°C sehingga terjadi proses klinkerisasi. Proses pembakaran membutuhkan kondisi oksidasi untuk menghasilkan *klinker* yang berwarna abu-abu kehijauan. Jika kondisi ini tidak memadai akan dihasilkan *klinker* yang berwarna coklat sehingga semen mempunyai

kekuatan dan waktu *setting* yang rendah. Proses kimia fisika penting yang terjadi selama pembakaran adalah dehidrasi mineral tanah liat, dekarbonasi senyawa karbonat (kalsinasi) reaksi pada fase padat, reaksi pada fase cair dan kristalisasi.

Klinker yang keluar dari *kiln* selanjutnya didinginkan dalam *grate cooler*. Perpindahan panas terjadi pada kondisi kombinasi *cross current* dengan *counter current* antara *klinker* dan udara pendinginnya. Partikel-partikel yang halus akan jatuh ke dalam *chamber* udara yang ada di bawah *grate plate* dan dikeluarkan menggunakan *air sluice* dan ditarik oleh *drag chain conveyor*, sementara klinker yang berukuran besar dihancurkan oleh *klinker breaker* berupa *hammer crusher* yang ada di ujung *grate cooler*. Penggunaan udaranya berkisar 1,8-2,4 Nm/kg klinker dengan temperatur klinker dingin bisa mencapai 100°C. Selanjutnya klinker di transpor dengan menggunakan *deep bucket conveyor* 4W1U01 dan 4W1U03 ke *intermediate silo* 45116 atau langsung ke klinker silo 3B dan silo 3C.



Gambar 2. 8 Kiln



Gambar 2. 9 Silo Klinker

Pada tahap ini *klinker* yang telah didinginkan di dalam *silo* diumpankan bersama *Gypsum* ke dalam *cement mill*. Di dalam alat ini, *klinker* yang berukuran $1 - 40 \text{ mm}^3$ digiling bersama *gypsum* sampai mencapai kehalusan tertentu dengan menggunakan *grinding media* dari bola-bola baja.

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

11. Pengantongan

Proses pengantongan dikelola oleh Biro Pengantongan yang terdiri dari 3 bidang yaitu Bidang Pengantongan Packing Plant Indarung, Bidang Pengantongan Teluk Bayur dan Bidang Pemeliharaan Khusus. Ada dua belas unit packer yaitu ; 2 unit di Indarung I, 6 unit di Packing Plant Indarung dan 4 unit diTeluk Bayur (1 unit merupakan rotary packer dengan kapasitas 80 tph).Sistem pengantongan untuk semen kantong sack diawali dengan pengambilan semen dari silo semen. Semen melewati Pneumatic Valve di bottomsilo masuk ke air slide dan diteruskan ke Bucket Elevator. Dari

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

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

a. Bidang pengantongan Teluk Bayur

Pengiriman semen ke Teluk Bayur dilakukan dengan lokomotif KKW (PT. KA) dan dengan truck wagon KKSP. Terdapat 120 KKW dengan 5 lokomotif dengan sistem transportasi yang diatur yaitu pada saat 20 KKW sedang loading di area V, 20 sedang transport ke Bukit Putus, 20 KKW sedang dalam perjalanan ke Teluk Bayur dari Bukit Purus, 20 KKW sedang unloading di Teluk Bayur dan 20 KKW yang lain *stand by* untuk maintenance. Peralatan pengeluaran semen di Teluk Bayur terdiri dari 4 buah RotaryPacker tipe RU-12 dengan kapasitas masing-masing 80 ton/jam, 1 buah Rotary Packer dengan kapasitas 80-120 ton/jam dan 1 buah fasilitas semen curah kekapal (loading to ship) dengan kapasitas 500 ton/jam.

b. Kapasitas Produksi

Total kapasitas produksi PT SEMEN PADANG 10.400.000 ton/tahun.

Tabel 2. 1 Kapasitas Produksi

| | | |
|---|---------------------|---------------------|
| 1 | Pabrik Indarung II | 660.000 ton/tahun |
| 2 | Pabrik Indarung III | 660.000 ton/tahun |
| 3 | Pabrik Indarung IV | 1.620.000 ton/tahun |
| 4 | Pabrik Indarung V | 2.300.000 ton/tahun |
| 5 | Pabrik Indarung VI | 3.000.000 ton/tahun |
| 6 | CM Dumai | 900.000 ton/tahun |
| 7 | Optimalisasi Pabrik | 1.260.000 ton/tahun |

Pabrik Indarung I dinonaktifkan sejak bulan Oktober 1999, dengan pertimbangan efisiensi dan polusi. Pabrik yang didirikan pada tanggal 18 Maret 1910 ini dalam proses produksinya menggunakan proses basah.

B. Sistem Kelistrikan Dan Instrumentasi Pt. Semen Padang

1. Sistem Kelistrikan PT. Semen Padang

PT. Semen Padang yang terdiri dari lima pabrik (Pabrik Indarung I sampai dengan Pabrik Indarung VI) dan pertambangan dalam operasionalnya menggunakan energi listrik yang cukup besar. Sebagian besar energi listrik tersebut digunakan untuk proses produksi. Selain itu juga digunakan untuk penerangan dan kantor pusat.

Total energi listrik yang dibutuhkan oleh PT. Semen Padang sekitar 91,2 MW yang terdiri dari 1,2 MW untuk operasional non pabrik dan sekitar 90,0 MW untuk operasional pabrik.

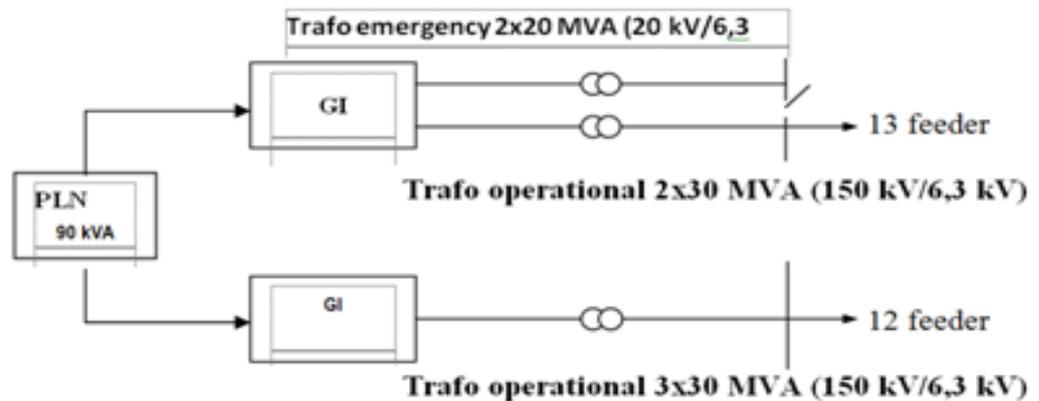
Tabel 2. 2 Kebutuhan Energi Listrik PT. Semen Padang

| No | Pabrik | Daya (MW) |
|--------------|-------------------|--------------|
| 1 | Pabrik Indarung 1 | 2,1 |
| 2 | Pabrik Indarung 2 | 12 |
| 3 | Pabrik Indarung 3 | 13,2 |
| 4 | Pabrik Indarung 4 | 26,48 |
| 5 | Pabrik Indarung 5 | 34,5 |
| 6 | Pabrik Indarung 6 | 48 |
| 7 | Tambang | 1,87 |
| 8 | Non pabrik | 1,2 |
| Total | | 139,2 |

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 yang tidak dapat dipenuhi oleh pembangkit sendiri. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik tersebut, maka PT. Semen Padang melakukan kerja sama (kontrak) dengan PT. PLN (Persero).

2. Perusahaan Listrik Negara (PLN)

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



Gambar 2. 10 Kelistrikan PT. Semen Padang

Untuk keandalan sistem, maka suplai tersebut telah di interkoneksi agar suplai tidak terputus jika terjadi gangguan pada salah satu suplai tenaga tersebut. Untuk memudahkan pelayanan listrik pada PT. Semen Padang, maka PLN mendirikan dua gardu induk, yaitu:

a. Gardu Induk Indarung (GI Indarung)/GI PLN

GI Indarung digunakan untuk mensuplai kebutuhan daya listrik pada Pabrik Indarung II sampai dengan Pabrik Indarung IV (kecuali Kiln Ind IV) dan tambang. GI Indarung memiliki kapasitas terpasang sebesar 2x30 MVA yang berasal dari saluran transmisi 150 kV dan 2x220 MVA dari saluran transmisi 20 kV digunakan sebagai cadangan atau *back up* bilamana kapasitas terpasang 2x30 MVA dari saluran transmisi 150 kV mengalami gangguan. Sebelum didistribusikan tegangan listrik sebesar 150 kV dari GI Indarung diturunkan menjadi 6,3 kV dengan menggunakan trafo step down 150 kv/6,3 kV untuk kapasitas terpasang 2x30 MVA dan 20 kV/6,3 kV untuk kapasitas terpasang 2x30 MVA. Untuk mendistribusikan energi listrik tersebut GI Indarung memiliki 13 feeder, yaitu:

| | |
|-----------------|-------------------------------|
| 1. Feeder I | Raw mill 3C |
| 2. Feeder II | Spare |
| 3. Feeder III | Raw Mill Indarung II |
| 4. Feeder IV | Raw Mill Indarung IIIA |
| 5. Feeder V | Cement Mill Indarung II(Z1) |
| 6. Feeder VI | Cement Mill Indarung IIIA(Z2) |
| 7. Feeder VII | Raw Mill Indarung IIIB(R4) |
| 8. Feeder VIII | Cement Mill IIIB (Z4) |
| 9. Feeder IX | Kiln Indarung IIIA (W2) |
| 10. Feeder X | Cement Mill Indarung IIIC(Z3) |
| 11. Feeder XI | Kiln Indarung II(W1) |
| 12. Feeder XII | Indarung I, Tambang, Workshop |
| 13. Feeder XIII | Silica Stone Crusher |

b. Gardu Induk PT. Semen Padang (GI PTSP)

GI PT. Semen Padang memiliki kapasitas terpasang sebesar 3x30 MVA yang berasal dari saluran transmisi 150 kV. GI PT SP hanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik Pabrik Indarung V, yaitu meliputi *Raw Mill & Coal Mill Dept, Kiln Dept, dan Cement Mill Dept* dan Tambang. Seperti halnya GI Indarung, sebelum didistribusikan tegangan listrik sebesar 150 kV dari GI PTSP diturunkan menjadi 6,3 kV menggunakan trafo step down 150 kV/6,3 kV dengan kapasitas 3x30 MVA.

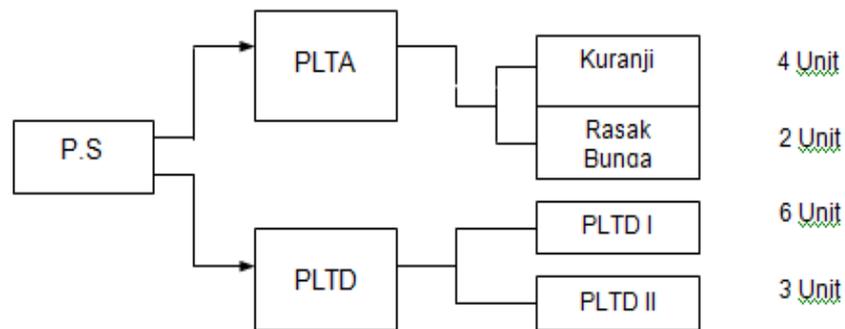
Pengaturan tegangan listrik dilakukan dengan sistem OLTC (On Load Tap Changer) secara otomatis maupun secara manual, yang bertujuan untuk menstabilkan tegangan 6,3 kV yang keluar dari sisi sekunder trafo. Untuk mendistribusikan tenaga listrik tersebut, GI PTSP memiliki 12 *feeder*, yaitu :

| | |
|-----------------|--------------------------------------|
| 1) Feeder XIV | Material transport out from storage |
| 2) Feeder XV | Raw Mill Indarung V (348,1) |
| 3) Feeder XVI | Spare |
| 4) Feeder XVII | Material Transport to Storage (5TB1) |
| 5) Feeder XVIII | Kiln Indarung IV |

| | |
|-------------------|------------------------------------|
| 6) Feeder XIX | Accessories GI PT. Semen Padang |
| 7) Feeder XX | ESP Departement (428) |
| 8) Feeder XXI | Kiln Departement (731) |
| 9) Feeder XXII | Cooler Departement (448) |
| 10) Feeder XXIII | Raw Mill II Indarung V (348,2) |
| 11) Feeder XXIV | Raw Mill R4 |
| 12) Feeder XXV | Coal Mill Departement (468) |
| 13) Feeder XXVI | Cement Mill 1 Departement (548,2) |
| 14) Feeder XXVII | Cement Mill II Departement (548,1) |
| 15) Feeder XXVIII | Cement Mill Departement (628) |

c. Pembangkit Sendiri

Sumber tenaga listrik sendiri yang dimiliki oleh PT. Semen Padang hanya menyediakan kebutuhan listrik bagi Kiln Dept. Indarung IV, Kantor Pusat, Rumah Sakit, Emergency/Inching Kiln Dept. Indarung II/III dan Kiln Dept. Indarung V. Sedangkan kebutuhan listrik untuk unit-unit lainnya, seperti Raw Mill dan kebutuhan pabrik diambil dari PLN. Berdasarkan tenaga pembangkitnya, maka pembangkit sendiri yang dimiliki oleh PT. Semen Padang terdiri dari:



Gambar 2. 11 Pembangkit Milik PT. Semen Padang

d. 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 / Kuranji

PLTA Kuranji memperoleh sumber air dari Sungai Padang Jernih dan Sungai Padang Keruh yang bertemu pada Dam Pertemuan 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.

3. 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/minyak diesel. Bahan bakar yang digunakan adalah solar, dengan pemakaian sebanyak 80 ton/hari.

Mesin diesel yang digunakan ada 2 tipe, yaitu:

- a. Type L (In-Line Engine)
- b. Type V (Vee Engine)

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

Berikut ini adalah keuntungan mesin diesel Type V dibandingkan dengan Type L:

- a. Ukurannya lebih kecil
- b. Daya yang dihasilkan lebih besar
- c. Getaran (vibrasi) lebih rendah

PT. Semen Padang memiliki dua buah Pembangkit Listrik Tenaga Diesel, yaitu:

a. PLTD (Pabrik Indarung I)

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

b. PLTD (Pabrik Indarung II)

PLTD II menggunakan mesin diesel Type 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.

4. Pendistribusian Energi Listrik ke Beban

Secara umum tegangan suplai untuk keperluan pabrik dibagi atas 2, yaitu:

1. Tegangan Tinggi (High Tension)

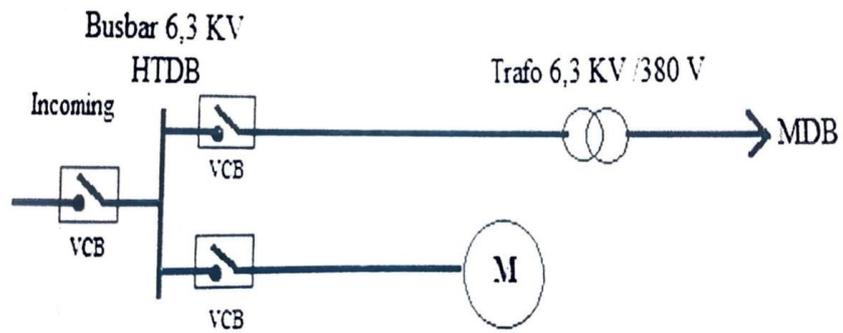
Tegangan tinggi yaitu tegangan yang dihasilkan oleh pembangkit, baik pembangkit sendiri maupun dari PLN.

2. Tegangan Rendah (Low Tension)

Untuk melayani beban digunakan bus bar tegangan tinggi dan tegangan rendah. Bus bar yang digunakan untuk melayani beban terbuat dari tembaga dengan bentuk lempengan yang dipasang sepanjang HTDB, MDB dan MCC serta dilengkapi oleh isolator.

a. HTDB (High Tension Distribution Board)

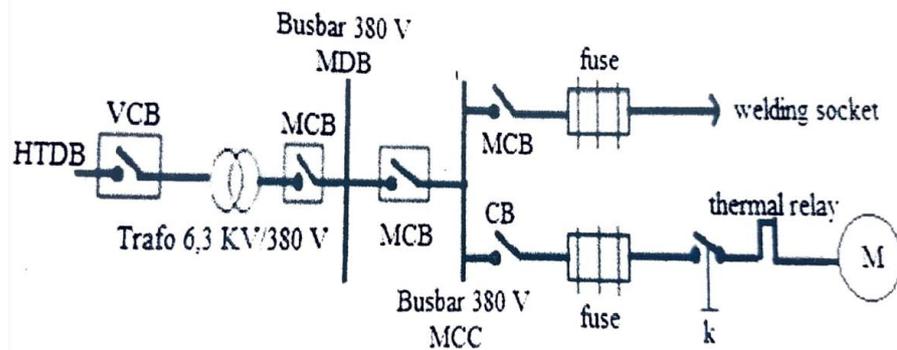
Untuk melayani beban bertegangan tinggi berupa trafo dan motor, maka pada masing-masing departemen digunakan HTDB 6,3 kV yang tersusun atas beberapa cubicle yang dilengkapi dengan peralatan proteksi baik *incoming* maupun beban.



Gambar 2. 12 Konfigurasi HTDB

b. MDB (Main Distribution Board)

Beban bertegangan rendah sebesar 380 V dilayani melalui MDB dengan suplai dari HTDB yang diturunkan melalui trafo 6,3 kV/380 V. Beban dari MDB adalah berupa MCC dan motor bertegangan rendah dengan kapasitas daya 75 kW sampai dengan 315 kW. MDB terdiri dari beberapa section yang berisikan peralatan proteksi untuk beban, baik motor maupun MCC.



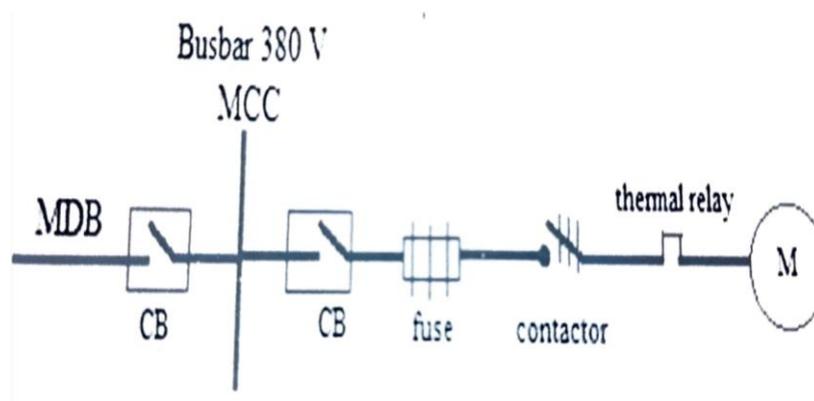
Gambar 2. 13 Konfigurasi MDB

c. MCC (Motor Control Centre)

MCC digunakan untuk melayani beban berupa motor dengan daya kecil dari 90 kW, *welding* dan penerangan. MCC terdiri dari beberapa komponen yang berisikan peralatan proteksi untuk masing-masing beban.

Sementara itu, untuk menghubungkan dan memutuskan suplai tegangan ke beban digunakan CB (Circuit Breaker). Jenis yang banyak digunakan adalah jenis OCB, VCB dan SF6. Oil, Vacum dan SF6 merupakan sarana yang digunakan untuk

meredam spark (loncatan bunga api) yang terjadi saat CB memutuskan arus yang tinggi.



Gambar 2. 14 Konfigurasi MCC

5. Sistem instrumentasi PT. Semen Padang

Sistem instrumentasi tidak terlepas dari masalah pengontrolan. Sistem kontrol merupakan perlengkapan yang sangat penting dalam proses produksi modern. Keberadaan sistem kontrol dalam proses produksi berpengaruh langsung terhadap kualitas dan kuantitas produksi. Dengan adanya sistem kontrol, kondisi peralatan di lapangan dapat dimonitor sehingga apabila terjadi gangguan, sistem kontrol akan mengindikasikan gangguan tersebut pada Operating Station. Dengan demikian, sistem kontrol dapat menjaga agar proses produksi dapat berjalan secara optimal.

Secara garis besar, sistem kontrol di PT. Semen Padang dibagi atas 2, yakni:

1. Sistem Kontrol Manual (Individual System Control)

Pada sistem ini belum dikenal pengendalian alat secara terpadu/terpusat pada satu tempat. Sistem ini menggunakan rangkaian kontrol yang sederhana. Masing-masing peralatan dioperasikan secara manual oleh operator lapangan.

2. Sistem Kontrol Otomatis

Pada sistem ini, semua peralatan di dalam pabrik dikontrol oleh satu ruang pusat pengendali atau *Central Control Room (CCR)*. Pengontrolan dilakukan dengan menggunakan *interlocking system*. Suatu alat yang diinterlock dapat berjalan apabila telah memenuhi

syarat operasi yang benar. Persyaratan ini meliputi alat-alat yang mendukung peralatan yang diinterlock.

Sistem interlocking yang digunakan di pabrik ada 2 macam, yakni:

a. Operasional *Interlock*

Operasi *interlock* yaitu interlocking yang terjadi dalam proses. Jika ada gangguan dalam aliran proses, maka seluruh peralatan utama dalam proses akan berhenti.

b. *Safety Interlock*

Safety Interlock yaitu *interlocking* yang digunakan untuk mengamankan peralatan dari kerusakan terutama gangguan panas pada bearing, winding temperatur dan vibrasi pada peralatan. Jika gangguan yang timbul melewati batas setting maka peralatan tersebut akan berhenti dan peralatan yang juga akan berhenti akibat adanya operasional *interlock*.

C. Kegiatan PLI di PT Semen Padang

1. Perencanaan Awal

Adapun kegiatan perencanaan awal yang dilakukan selama PLI di PT. dapat dilihat pada tabel 1.1.

Tabel 2. 3 Perencanaan Awal

| Minggu | Kegiatan | Unit |
|---------|---|--------------|
| Pertama | Pengenalan lingkungan pabrik, proses produksi dan sistem kontrol di Indarung IV PT. Semen Padang | PLI KCM 4 |
| Kedua | Pengenalan panel panel dan Gardu Induk di Indarung IV PT. Semen Padang serta pengenalan hasil produksi dari <i>Kiln</i> dan pendataan unit di gudang motor | PLI KCM 4 |
| Ketiga | Pengenalan dan pembelajaran Sensor sensor yang digunakan pada <i>area Kiln</i> , serta sistem motor listrik yang terdapat pada <i>area Kiln</i> PT.Semen Padang | PLI KCM 4 |

| | | |
|-----------|--|--------------|
| Keempat | Inspeksi dan perbaikan emergency stop, motor-motor pada, serta mendata motor listrik yang belum dilakukannya proteksi kabel. | PLI KCM 4 |
| Kelima | Inspeksi perbaikan kabel Emergency stop serta pembersihan ruang <i>Distribution Board</i> pada area <i>Kiln</i> . | PLI KCM 4 |
| Keenam | Inspeksi dan penarikan kabel baru untuk ke motor didalam tunnel Area Kiln. | PLI KCM 4 |
| Ketujuh | Inspeksi dan perbaikan motor, menurunkan motor, serta pembersihan <i>Distribution Board</i> pada area <i>Coal Mill</i> . | PLI KCM 4 |
| Kedelapan | Penyelesaian Laporan | PLI KCM 4 |

2. Pelaksanaan Kegiatan Selama PLI

Adapun kegiatan yang dilakukan selama PLI di PT. Semen Padang dapat dilihat pada tabel 1.2.

Tabel 2. 4 Kegiatan Harian

| No | Hari/Tanggal | Keterangan Kegiatan | Unit |
|----|-------------------------|---|--------------|
| 1. | Senin / 7 Maret 2022 | Pengarahan oleh bagian Pusklat PT Semen Padang kepada peserta PKL, selanjutnya mahasiswa PKL menuju ke unit yang telah ditunjuk oleh Pusklat PT Semen Padang. Melakukan pengenalan kepada karyawan atau staff pada unit kiln indarung 4. Dan melakukan pengenalan lingkungan. | PLI KCM 4 |
| 2. | Selasa/8 Maret 2022 | Pengenalan Lingkungan pabrik dan proses pembuatan Semen pada indarung 4 PT Semen Padang | PLI KCM 4 |
| 3. | Rabu /9 Maret 2022 | Melakukan briefing pagi, dan melanjutkan pengenalan lingkungan. Selanjutnya | PLI KCM 4 |

| | | | |
|-----|--------------------------|---|--------------|
| | | melakukan inspeksi pada puncak siklon serta area kiln, mengecek kabel-kabel. | |
| 4. | Kamis/10 Maret 2022 | Melakukan pengecekan motor yang akan dijalankan di daerah kiln inlet sebelum menjalankan area pabrik kiln | PLI KCM 4 |
| 5. | Jum'at/ 11 Maret 2022 | Melakukan penggantian kabel analyzer di area 4W1K10, perbaikan motor di areacuclon kiln inlet | PLI KCM 4 |
| 6. | Senin/ 14 Maret 2022 | Pengecekan kotak panel di area 4W1A54T1 cyclon kiln inlet. Pengenalan macam-macam capasitor bank yang dipakai di area 4J1P05. | PLI KCM 4 |
| 7. | Selasa/ 15 Maret 2022 | Pengecekan oil temperature dan winding temperatute pada trafo area LC 20, LC 21. Pengenalan area MCC, penggunaan VSD, dan macam – macam kontaktor. | PLI KCM 4 |
| 8. | Rabu/ 16 Maret 2022 | Pengenalan motor-motor DC penggerak kiln, system kerja serta perawatan motor tersebut. Pengecekan serta perbaikan motor- motor cooler pada area kiln. | PLI KCM 4 |
| 9. | Kamis/ 17 Maret 2022 | Melakukan pengecekan area dalam silo coal mill, solids flow feeder W3A04, BIN W3A01 | PLI KCM 4 |
| 10. | Jum'at/ 18 Maret 2022 | Mengamati penggantian fuse pada panel MCC dikarenakan short circuit pada area MCC tersebut. Melakukan penggantian fuse, dan menormalkan kembali rangkaian daya untuk motor yg sebelumnya dilakukan pemasangan rangkaian pengaman. Pekerjaan ini dilakukan pada DB Kiln indarung 4. | PLI KCM 4 |
| 11. | Senin/ 21 Maret 2022 | Mengamati penggantian kontaktor dan Thermal Overload Relay diakibatkan short | PLI KCM 4 |

| | | | |
|-----|--------------------------|--|--------------|
| | | circuit pada kontaktor dan fuse yang diperbaiki sebelumnya. | |
| 12. | Selasa/ 22 Maret 2022 | Mengamati penggantian kabel dari panel MCC ke motor 4W1K13M1. | PLI KCM 4 |
| 13. | Rabu/ 23 Maret 2022 | Mengamati ruangan MCC motor area 4W1 yang menggunakan VSD sebagai pengatur kecepatan motor. | PLI KCM 4 |
| 14. | Kamis/ 24 Maret 2022 | Mempelajari prosedur menjalankan pompa stand by hydraulic area SGA 4W1 | PLI KCM 4 |
| 15. | Jum'at/ 25 Maret 2022 | Izin | |
| 16. | Senin/ 28 Maret 2022 | Mengajukan judul serta pengamatan alat yang akan diajukan sebagai judul | PLI KCM 4 |
| 17. | Selasa/ 29 Maret 2022 | Pemberian materi sistem otomasi pada indarung 4, oleh operator Central Control Room (CCR) Indarung 4 PT Semen Padang | PLI KCM 4 |
| 18. | Rabu/ 30 Maret 2022 | Melakukan pengambilan data motor 4W1K17 yang akan dijadikan sebagai laporan PLI. | PLI KCM 4 |
| 19. | Kamis/ 31 Maret 2022 | Mengadakan acara perpisahan untuk karyawan yang pension. | PLI KCM 4 |
| 20. | Jum'at/ 1 April 2022 | Melakukan inspeksi Motor MV pada Coal Mill Indarung 4 | PLI KCM 4 |
| 21. | Senin/ 4 April 2022 | Melakukan Inspeksi pada ESP, ESP merupakan alat penangkap debu pada PT Semen Padang, dengan sistem Listrik. | PLI KCM 4 |
| 22. | Selasa/ 5 April 2022 | Melakukan reparasi pada pneumatic yang telah usang. | PLI KCM 4 |
| 23. | Rabu/ 6 April 2022 | Pemasangan Motor Burner pada area Kiln | PLI KCM 4 |
| 24. | Kamis / 7 April 2022 | Melakukan Normalisasi Motor pada area Coal Mill Indarung 4 | PLI KCM 4 |

| | | | |
|-----|---------------------------|--|--------------|
| 25. | Jumat / 8 April 2022 | Melakukan penggantian kabel pada area cement mill 4Z1 dikarenakan terbakar pada saat beroperasi. | PLI KCM 4 |
| 26. | Senin/ 11 April 2022 | Pada area puncak Klinker dilakukan inspeksi panel-panel listrik dan mencek keadaan motor. | PLI KCM 4 |
| 27. | Selasa/ 12 April 2022 | Mengamati perbaikan panel kompresor yang terjadi short circuit di antara pengkabelan kotaktor utama dan kontaktor starnya. | PLI KCM 4 |
| 28. | Rabu/ 13 April | Melakukan pengecekan pada Emergency start/stop dan penggantian baru Emergency start/stop pada area Kiln feed. | PLI KCM 4 |
| 29. | Kamis / 14 April 2022 | Pengambilan data motor 4W1K17 beserta VSD Danfoss yang dipakai, bertujuan untuk laporan akhir PLI. | PLI KCM 4 |
| 30. | Jumat / 15 April 2022 | Mempelajari motor induksi 4W1K17M1 yang memiliki daya 450 Watt dan frekuensi 50 Hz. | PLI KCM 4 |
| 31. | Senin / 18 April 2022 | Melakukan Pendataan motor-motor pada Area Kiln, yang sudah atau belum dilakukannya proteksi kabel. | PLI KCM 4 |
| 32. | Selasa / 19 April 2022 | Mempelajari motor induksi 4W1K17M1 yang memiliki daya 450 Watt dan frekuensi 50 Hz. | PLI KCM 4 |
| 33. | Rabu / 20 April 2022 | Mempelajari <i>Variable Speed Drive</i> Danfoss yang memiliki frekuensi maksimal 60 Hz. | PLI KCM 4 |
| 34. | Kamis / 21 April 2022 | Pembimbing mengarahkan pada WHRPG untuk mendapatkan materi tambahan. WHRPG merupakan pembangkit tenaga listrik dengan memanfaatkan Uap pembungan dari pabrik PT Semen Padang. WHRPG ini terdapat pada Indarung 5, dan WHRPG ini dapat menghasilkan daya untuk cement mill Indarung 5. | PLI KCM 4 |

| | | | |
|-----|---------------------------|--|--------------|
| 35. | Jumat / 22 April 2022 | Inspeksi, Cek minyak trafo, dan Perawatan pada area Trafo dan DB area Kiln | PLI KCM 4 |
| 36. | Senin / 25 April 2022 | Penyelesaian Laporan | PLI KCM 4 |
| 37. | Selasa / 26 April 2022 | Penyelesaian Laporan | PLI KCM 4 |
| 38. | Rabu / 27 April 2022 | Penyelesaian Laporan. | PLI KCM 4 |
| 39. | Kamis / 28 April 2022 | Penyelesaian Laporan. | PLI KCM 4 |
| 40. | Jumat / 29 April 2022 | Penyelesaian Laporan | PLI KCM 4 |

D. Hambatan dan Penyelesaian pada Kegiatan PLI

1. Kendalan yang dihadapi Selama PLI

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

1. Terdapat kesulitan selama PLI karena merupakan pengalaman pertama dalam melakukan PLI serta kurangnya pengetahuan tentang peralatan dan prinsip kerja alat tersebut.
2. Pelaksanaan PLI dilakukan pada masa pandemi covid-19 sehingga kegiatan dibatasi.
3. Karena penempatan pada bidang pemeliharaan listrik dan instrumen yang area kerjanya adalah besar, maka dituntutnya untuk banyak menggunakan alat atau instrumentasi yang mengharuskan hafal kode dan letak setiap peralatan yang ada.

2. Penyelesaian Masalah dari Kendala

Dalam menghadapi beberapa kendala dalam melaksanakan PLI seperti yang telah diuraikan di atas. Maka terdapat beberapa kegiatan untuk mengatasi hal tersebut.

1. Memperbanyak pengetahuan dengan melakukan diskusi bersama

pelaksana tugas dan juga kepala urusan pada unit tempat PLI, ketika ada kendala saat kegiatan di lapangan.

2. Walaupun kegiatan dibatasi karena pandemi Covid-19, maka mengatasinya dengan menerapkan Protokol kesehatan.
3. Peralatan pada area Kiln sangat banyak, sehingga untuk pola identifikasinya dengan cara memberi kode nomor dan huruf. Kode tersebut tertera pada *body* alat sehingga dilakukan pencocokan dengan melihat dokumen *Check list* yang dibawa setiap inspeksi.

BAB III
PENGAPLIKASIAN *VARIABLE SPEED DRIVE* UNTUK
PENGONTROLLAN KECEPATAN MOTOR *COOLING FAN 4W1K17M1*
DI AREA *GREAT COOLER* KILN INDARUNG IV PT. SEMEN PADANG

A. Motor Induksi 3 Phase

1. Pengertian Motor Induksi 3 phase

Motor induksi 3 phase merupakan salah satu dari jenis motor listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak berputaran yang mempunyai slip antara medan stator dan rotor dengan sumber tegangan 3 phase. Arus rotor motor ini bukan diperoleh dari suatu sumber listrik, tapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relative antara putaran rotor dengan medan putar.

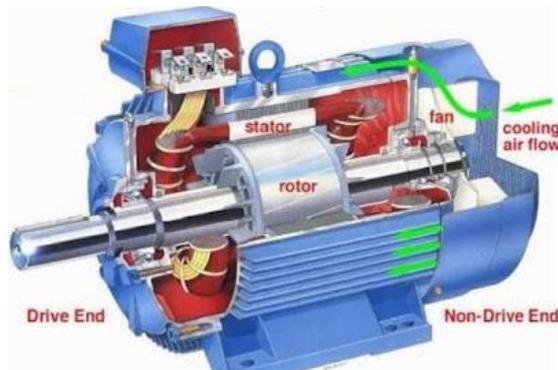
Motor induksi 3 phase merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang paling banyak digunakan untuk keperluan dalam kelangsungan proses suatu industri. Kontruksinya yang sederhana dan kuat mendasari alasan keluasan pemakainya. Dengan menggunakan motor induksi 3 phase, banyak hal yang bisa dilakukan. Salah satunya adalah membalik arah putarannya sesuai dengan yang diinginkan. Cara yang sering dilakukan dalam pembalik arah putaran adalah dengan membalik salah satu phase dengan phase yang lainnya yang terhuibung pada lilitan stator motor.

Motor induksi 3 phase berputar pada kecepatan yang pada dasarnya adalah konstan. Kecepatan putaran motor ini dipengaruhi frekuensi, dengan demikian pengaturan keceopatan tidak dapat dengan mudah dilakukan terhadap motor ini, namun motor induksi 3 phase merupakan jenis motor listrik yang paling banyak digunakan pada dunia industry karena sesuai kebutuhan dan memiliki banyak keuntungan.

2. Konstruksi Motor Induksi 3 Phase

Motor induksi 3 phase memiliki dua komponen dasar yaitu stator dan rotor, bagian rotor dipisahkan dengan bagian stator oleh celah udara yang sempit dengan jarak antara 0,4 mm sampai 4 mm. Tipe dari motor

induksi 3 phase berdasarkan lilitan pada rotor dibagi menjadi dua macam yaitu rotor belitan (wound rotor) adalah tipe motor induksi yang memiliki rotor terbuat dari lilitan yang sama dengan lilitan statornya dan rotor sangkar tupai (Squirrel-cage rotor) yaitu tipe motor induksi dimana konstruksi rotor tersusun oleh beberapa batangan logam yang dimasukkan melewati slot-slot yang ada pada rotor motor induksi, kemudian setiap bagian disatukan oleh cincin sehingga membuat batangan logam terhubung singkat dengan batangan logam yang lain.



Gambar 3. 1 Konstruksi motor 3 phase

3. Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Phase

Adapun prinsip kerja motor induksi adalah sebagai berikut :

- b. Apabila sumber tegangan 3 phase dipasang pada kumparan stator, timbulah kecepatan medan putar (N_s), dimana dengan rumus sebagai berikut :

$$N_s = \frac{120f}{p} \dots \dots \dots (1.1)$$

- N_s = kecepatan sinkron (rpm)
- f = frekuensi (Hz)
- p = jumlah kutub rotor

- c. Perputaran medan putar pada stator tersebut akan memotong batang-batang konduktor pada bagian rotor.
- d. Akibatnya, pada bagian rotor akan timbul tegangan induksi (GGL).
- e. Karena pada rotor timbul tegangan induksi dan rotor merupakan rangkaian yang tertutup sehingga pada rotor akan timbul arus (I).

- f. Adanya arus didalam medan magnet akan menimbulkan gaya (F) pada rotor.
- g. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, maka rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.
- h. Agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan antara kecepatan medan putar stator dengan kecepatan putaran rotor.
- i. Perbedaan kecepatan antara nr dan ns disebut dengan slip (S) dinyatakan dengan :

$$S = \frac{ns-nr}{ns} \times 100\% \dots \dots \dots (1.2)$$

- S = slip
- ns = kecepatan putar stator (rpm)
- nr = kecepatan putar rotor (rpm)

- j. Apabila nr = ns tegangan tidak terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor akan ditimbulkan apabila nr lebih kecil dari ns.

4. Penggunaan Motor Induksi 3 Phase

Motor induksi 3 phase adalah salah satu peralatan yang banyak digunakan di industri untuk keperluan penggerak berbagai proses yang ada seperti : pompa, kompresor, blower, fan, conveyor dan penggerak proses produksi lainnya.

B. Variable Speed Drive

1. Pengertian Variable Speed Drive

Variable speed drive merupakan sebuah alat pengatur kecepatan motor dengan mengubah nilai frekuensi tegangan yang masuk ke motor. Pengaturan nilai frekuensi tegangan ini dimaksudkan untuk mendapatkan kecepatan putaran dan torsi motor yang diinginkan atau yang sesuai kebutuhan.

2. Komponen – Komponen Pada VSD

➤ Power Supply

Power supply digunakan sebagai sumber tegangan untuk VSD



Gambar 3. 2 *Power Supply*

Main switch yaitu saklar pemutus dan penyambung tegangan yang masuk dari MVDB dengan nilai tegangan 380 V.



Gambar 3. 3 *Main Switch*

➤ LCP (*Local Control Panel*)

Local control panel merupakan kombinasi antara display dan keypad didepan unit. LCP adalah media antarmuka pengguna ke converter frekuensi.

Fungsi dari LCP sebagai berikut :

- a. Start, stop dan control kecepatan ketika dikontrol panel
- b. Display operasional data, status dan peringatan
- c. Menginput data frekuensi

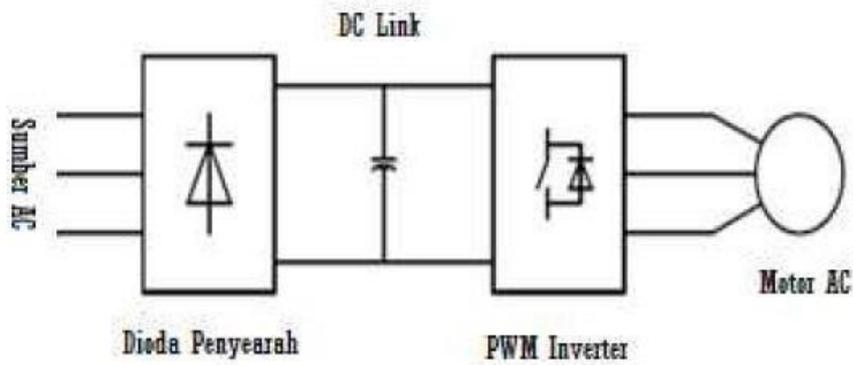
- d. Reset alarm (failure) secara manual ketika reset otomatis tidak berfungsi



Gambar 3. 4 *Local control panel*

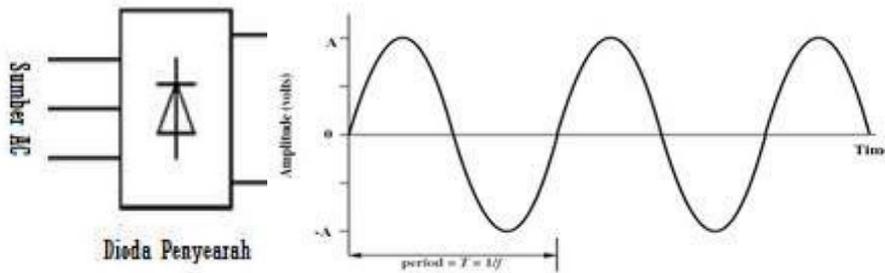
➤ Inverter

Inverter merupakan tempat mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC dan diubah kembali ke tegangan AC yang telah diatur sesuai kebutuhan. Pada bagian *inverter*, terdapat rangkaian PWM yang menggunakan device elektronika daya yaitu “*Insulated Gate Bipolar Transistor*” (IGBT). IGBT dibangun oleh sebuah gate, kolektor dan emitter. Saat gate diberikan tegangan positif, arus akan mengalir melalui kolektor dan emitter. IGBT akan mati jika tegangan positif dihilangkan dari gate sehingga tegangan tersebut akan ditahan pada nilai tegangan negative yang kecil. Tegangan yang masuk dari jalur input 50 Hz dialirkan ke board tectifier/ penyearah DC dan ditampung ke *Capsitor bank*. Maka dari ac diubah menjadi DC. Tegangan DC kemudian diumpankan ke board inverter untuk dijadikan AC kembali dengan frekuensi sesuai kebutuhan. Jadi dari DC ke AC yang komponen utamanya adalah *semiconductor* aktif seperti IGBT. Tegangan DC dicacah dan dimodulasi sehingga keluar tegangan dan frekuensi yang diinginkan.

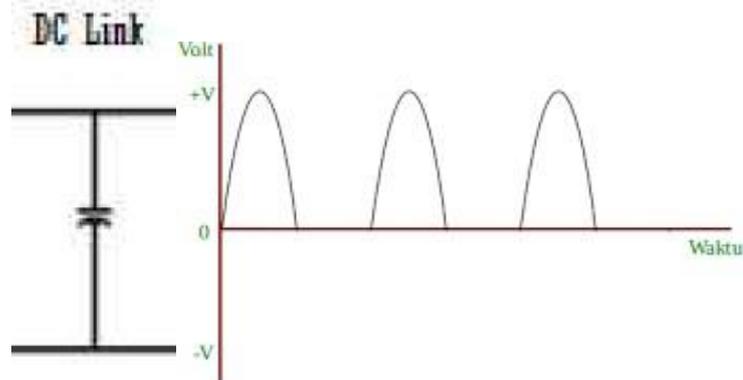


Gambar 3. 5 Proses kerja Inverter

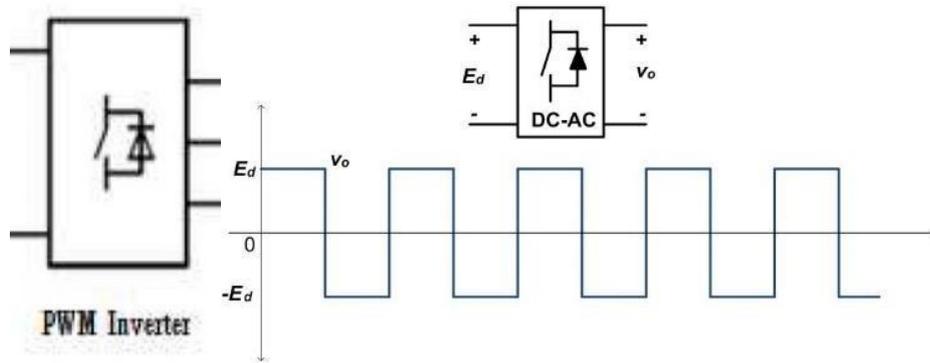
Didalam bagian-bagian utama dari Inverter terdapat bentuk gelombang tertentu untuk setiap bagian dari inverter. Berikut adalah gambar dari bentuk gelombang yang dihasilkan di setiap bagian Inverter :



Gambar 3. 6 Bentuk Gelombang Input (AC)



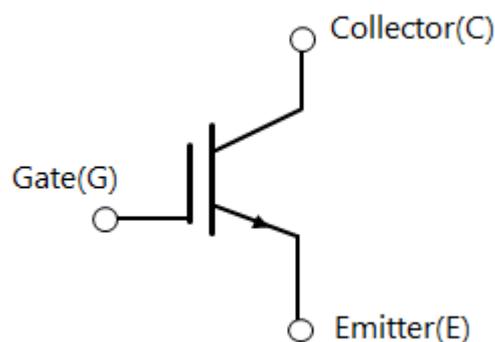
Gambar 3. 7 Bentuk Gelombang Proses (DC)



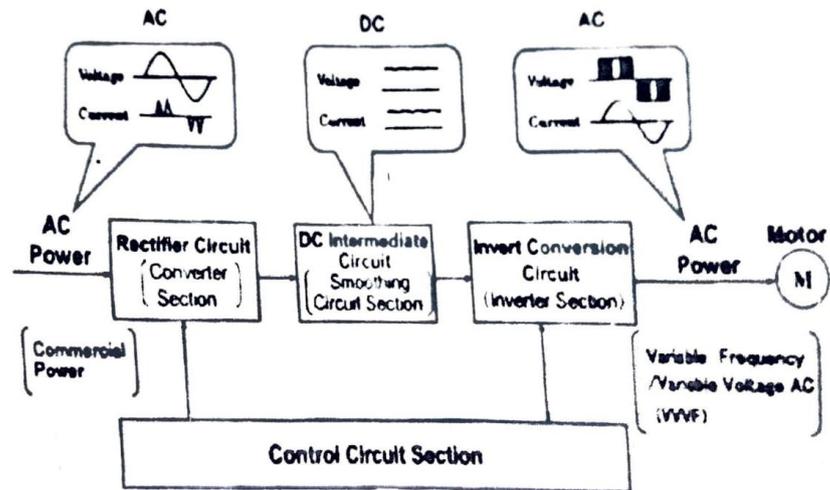
Gambar 3. 8 Bentuk Gelombang Output (AC)

Inverter ini sendiri terdiri dari beberapa sirkuit penting yaitu sirkuit converter (yang berfungsi untuk mengubahnya daya komersial menjadi DC serta menghilangkan ripple atau kerut yang terjadi pada arus ini) serta sirkuit inverter frekuensi yang dapat diatur-aturl. Inverter juga memiliki sebuah sirkuit pengontrol.

Salah satu keuntungan jika menggunakan inverter adalah, putaran motor atau mesin dapat dikembalikan sesuai dengan kebutuhan dan keinginan kita, sehingga dapat mencapai kapasitas produksi yang maksimal dan mempunyai jangkauan kecepatan yang lebih besar, mempunyai pola untuk hubungan tangan dan frekuensi, mempunyai fasilitas penunjukan meter, serta lebih aman dan meminimalisir konsumsi energi dan untuk mengurangi arus starting.



Gambar 3. 9 Simbol IGBT



Gambar 3. 10 Blok diagram konfigurasi inverter

➤ CB (Circuit Breaker)

CB (*Circuit Breaker*) merupakan saklar pemutus dan penghubung arus.



Gambar 3. 11 *Circuit Breaker*

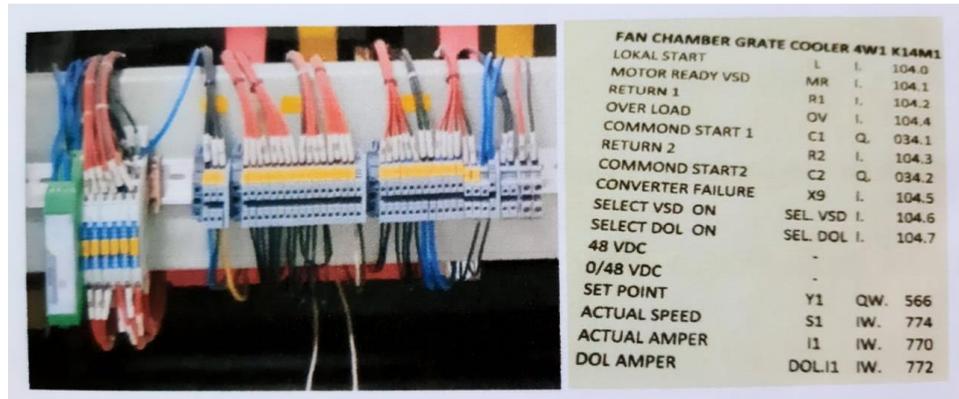
➤ Auxiliary Relay



Gambar 3. 12 *Auxiliary Relay*

Auxiliary relay adalah alat yang bekerja secara elektromagnetik berdasarkan tegangan yang dibutuhkan baik 220VAC atau 48VDC sebagai sinyal kontrol yang dihubungkan ke I/O.

➤ Input/Output



Gambar 3. 13 I/O dan Address

I/O adalah sinyal input dan output dari PLC dan feedback dari panel VSD.

3. Prinsip Kerja Variable Speed Drive

Secara sederhana prinsip *variable speed drive* yaitu untuk mengubah frekuensi menjadi lebih kecil 50 Hz yaitu dengan mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC kemudian dijadikan tegangan AC lagi dengan frekuensi yang berbeda atau dapat diatur. Penggunaan VSD bisa untuk aplikasi motor AC maupun DC.



Gambar 3. 14 Variable Speed Drive

Mesin-mesin sentrifugal modern telah memanfaatkan Variabel Speed Drive (VSD) sebagai alat pengatur kecepatan. Pegatur kecepatan atau VSD, baik itu frequency Inverter maupun DC-Converter, dapat memberikan pengaturan percepatan dan perlambatan yang lembut pada mesin sentrifugal dan pada saat yang sama dapat memberikan torsi keluaran sampai 100%. Aplikasi variable speed drive banyak diperlukan dalam industri. Jika slip/pengereman maka saat ini banyak menggunakan semikonduktor. Tidak seperti softater yang mengelola level tegangan, inverter menggunakan frekuensi tegangan masuk untuk mengatur speed motor. Seperti diketahui, pada kondisi ideal (tanpa slip). Untuk mengatur frekuensi dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

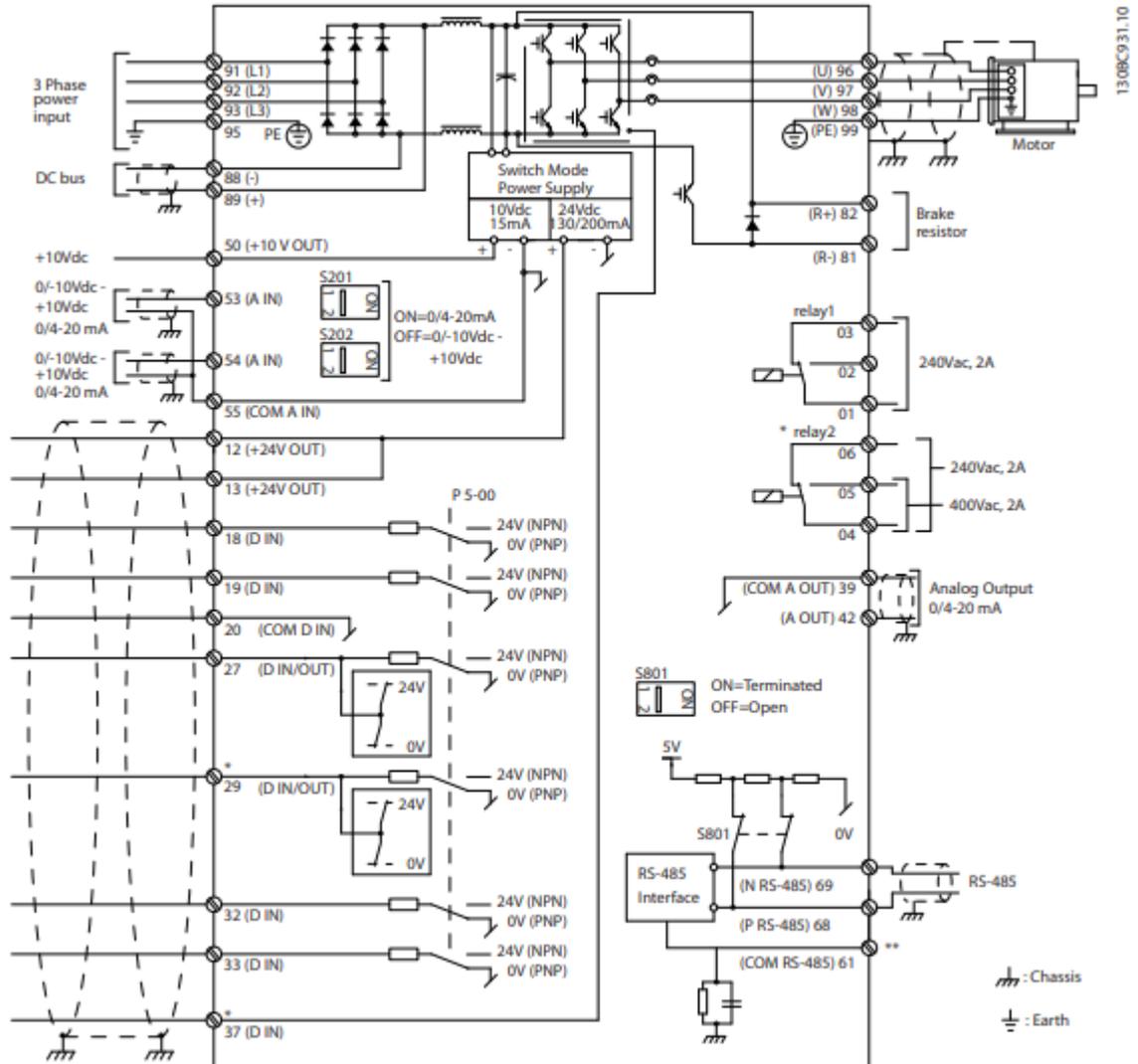
$$N_s = \frac{120 \times f}{P} \dots\dots\dots(1.3)$$

Dimana :

- Ns = speed motor (rpm)
- F = frekuensi (Hz)
- P = kutub motor (pole)

Jadi dengan memainkan perubahan frekuensi tegangan yang masuk pada motor, kecepatan motor akan berubah. Karena itu inverter juga disebut juga *Variable speed drive*.

4. Wiring Diagram



Gambar 3. 15 Wiring diagram *variable speed drive*

C. Motor Cooling Fan 4WIK17M1

1. Spesifikasi Motor Cooling Fan 4W1K17M1

Pada bagian ini penulis akan membahas tentang motor Cooling Fan 4W1K17M1. Motor cooling fan adalah motor yang digunakan untuk menghasilkan tekanan udara untuk mendinginkan klinker dalam grate cooler yang keluar dari kiln dari temperatur 1400 °C menjadi 200 °C keluar cooler sistem. Motor ini mengalirkan flow dari cooling fan secara proporsional. Motor yang digunakan adalah motor induksi 3 phase. Untuk mengatur jumlah flow aliran udara yang dihasilkan oleh motor cooling fan dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan

menggunakan VSD (dengan mengatur besarnya set point dalam bentuk frekuensi) dan menggunakan sistem DOL (dengan mengatur posisi damper agar menghasilkan tekanan udara sesuai dengan kebutuhan).

Berikut spesifikasi motor Cooling Fan 4W1K17M1 :

Tabel 3. 1 Spesifikasi motor cooling fan 4W1K17M1

| Parameter | Spesifikasi |
|--------------|-------------|
| 50 Hz | |
| Daya | 250 KW |
| Arus | 450 A |
| Voltage | 380 VAC |
| Jumlah Kutub | 4 |
| Speed | 1500 rpm |
| Cosphi | 0,85 |

2.Sistem Operasi Motor Cooling Fan 4W1K17M1

Dalam sistem pengoperasiannya, motor cooling fan 4W1K17M1 dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3. 16 Bagan Alir Sistem Operasional Motor Cooling Fan

Pada sistem pengoperasian motor induksi 3 phase terdapat Medium Voltage Distribution Panel (MVDP) yang merupakan unit switching tegangan menengah yang mendistribusikan listrik tegangan menengah ke transformator step down untuk didistribusikan ke Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP). Setelah didistribusikan tegangan tersebut maka lanjut ke VSD (Variable Speed Drive) untuk diatur frekuensi yang bertujuan untuk mengatur kecepatan putaran motor yang akan dioperasikan.

Pada pengoperasin panel motor cooling fan terdapat beberapa cara start yang dapat dilakukan dengan mneggunakan VSD yaitu :

5. Start Panel

Start panel yaitu operator shift electrical/listrik yang menstart motor langsung di panel, sedangkan untuk menaikkan dan menurunkan speed diatur pada keypad panel pada saat maintenance atau test panel dengan motor.

6. Start Central

Start central yaitu operator CCR yang menstart motor dengan cara menginputkan set point (%) untuk mnegatur cepat atau lambatnya kecepatan putaran motor.

7. Start Manual

Start manual yaitu operator CCR yang menstart motor dengan cara menginputkan set point (%) untuk mengatur cepat atau alambatnya kecepatan putaran motor. Berdasarkan informasi dari operator lapangan untuk dijadikan individu.

3. Prinsip Kerja Pengontrol Motor Cooling Fan Menggunakan VSD

Prinsip kerja motor cooling fan menggunakan VSD dapat digambarkan seperti blok diagram dibawah :



Gambar 3. 17 Bagan Alir Pengontrol Motor Cooling Fan Menggunakan VSD.

Berdasarkan bagan alir tersebut, dapat diketahui bahwa untuk mengontrol kecepatan motor cooling fan dilakukan oleh operator PLC dengan menginputkan setpoint (0-100Y6) untuk mengatur berapa frekuensi (0-50 Hz) yang akan diberikan ke VSD. VSD akan membaca berapa jumlah setpoint yang diinputkan operator. Nilai frekuensi akan digunakan untuk mengatur kecepatan motor. Semakin besar nilai frekuensi yang diberikan maka kecepatan motor cooling fan akan semakin tinggi, begitu juga sebaliknya.

Beberapa parameter yang harus diperhatikan dalam penggunaan VSD adalah sebagai berikut (istilah/nama parameter bisa berbeda untuk tiap merk) :

1. Display : Untuk mengatur parameter yang ditampilkan pada keypad display.
2. Control : Untuk menentukan jenis control local/ remote.
3. Speed Control : Untuk menentukan jenis control frekuensi reference

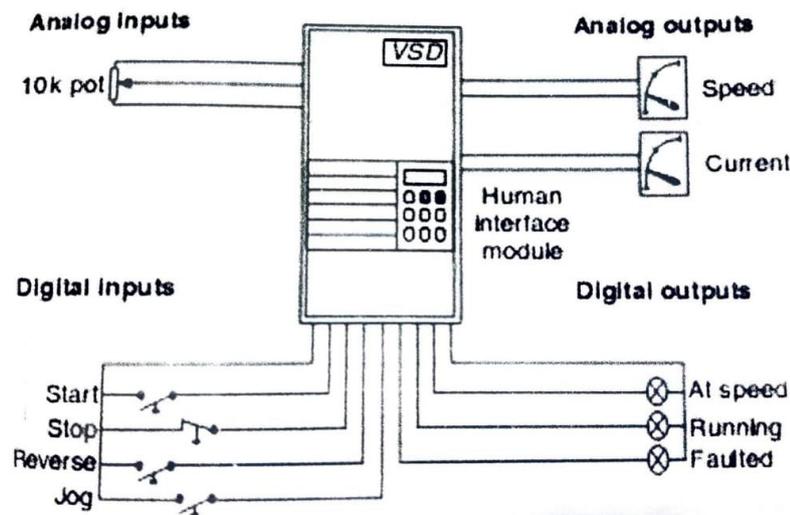
4. Voltage : Tegangan Suply Inverter.
5. Base Freq. : Frekuensi tegangan supply.
6. Lower Freq. : Frekuensi operasi terendah.
7. Upper Freq. : Frekuensi operasi tertinggi.
8. Stop mode : Stop bisa dengan braking, penurunan frekuensi dan di lepas seperti starter DOL/ Y-D.
9. Acceleration : Setting waktu Percepatan.
10. Deceleration : Setting waktu Perlambatan.
11. Overload : Setting pembatasan arus.
12. Lock : Penguncian setting program.
13. Alarm : Pemberitahuan bahwa telah terjadinya gangguan dilapangan seperti overload, overheating, dan lain sebagainya

4. Pengontrollan Variable Speed Drive

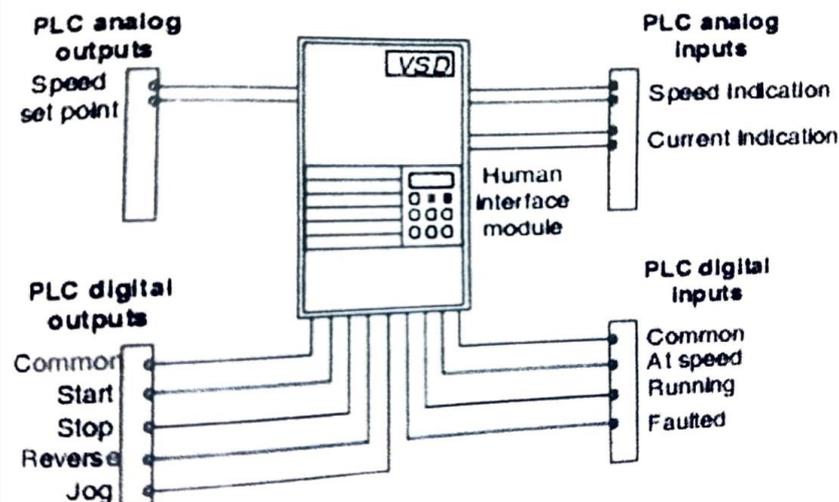
Kontrol start/stop pada pengendalian VSD (Variable Speed Drive) dapat direalisasikan dalam beberapa cara yaitu :

1. Pengontrolan dengan sistem manual
2. Pengontrolan dengan sistem otomatis

Pengaturan VSD manual ini dapat dilakukan dengan tombol tekan star dan stop yang dihubungkan dengan cara pengawatan langsung pada terminal Control inverter VSD seperti yang ditunjukkan pada gambar. Alternatif lain jika pengontrolan dari peralatan yang terpisah atau dari jarak jauh dapat dilakukan dengan menggunakan PLC, ini dapat dilakukan pengawatan secara langsung dari PLC ke terminal inverter VSD seperti yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 3. 18 Pengawatan Sistem Kontrol Manual



Gambar 3. 19 Pengawatan Sistem Kontrol Otomasi

5. Pengaturan Frekuensi Dalam VSD

Padan tegangan input gelombang sinus frekuensi tidak bisa diatur, oleh karena itu dibutuhkan inverter. Pertama, tegangan input AC diubah menjadi DC menggunakan rectifier (penyearah), agar gelombang DC lebih baik perlu pemurnian dengan menggunakan DC link atau regulator untuk memurnikan gelombang DC, setelah itu gelombang DC dicacah sehingga menghasilkan gelombang sinus tidak sempurna berbentuk kotak.

Gelombang kotak dihasilkan oleh pulse width modulator yang ada pada inverter yang merupakan gelombang sinus tidak murni, setelah gelombang DC

dicacah maka dari itu gelombang output yang dihasilkan oleh inverter bisa disetting frekuensinya.

6. Analisa Perhitungan Kecepatan Motor Menggunakan VSD

Diketahui motor 3 phasa dengan spesifikasi (daya 250 KW dan jumlah kutub 4) untuk mengetahui berapa kecepatan torsi pada frekuensi 10 Hz, 20 Hz, 40 Hz, 40 Hz dan 50 Hz. Maka dapat menggunakan rumus dibawah ini :

$$N_s = \frac{120 \times f}{P}$$

Penyelesaian :

- 1) Pada frekuensi 10 Hz, maka rpm motornya sebesar?

$$N_s = \frac{120 \times f}{P}$$

$$N_s = \frac{120 \times 10}{4}$$

$$N_s = 300 \text{ rpm}$$

- 2) Pada frekuensi 20 Hz, maka rpm motornya sebesar?

$$N_s = \frac{120 \times f}{P}$$

$$N_s = \frac{120 \times 20}{4}$$

$$N_s = 600 \text{ rpm}$$

- 3) Pada frekuensi 30 Hz, maka rpm motornya sebesar?

$$N_s = \frac{120 \times f}{P}$$

$$N_s = \frac{120 \times 30}{4}$$

$$N_s = 900 \text{ rpm}$$

- 4) Pada frekuensi 40 Hz, maka rpm motornya sebesar?

$$N_s = \frac{120 \times f}{P}$$

$$N_s = \frac{120 \times 40}{4}$$

$$N_s = 1200 \text{ rpm}$$

- 5) Pada frekuensi 50 Hz, maka rpm motornya sebesar?

$$N_s = \frac{120 \times f}{P}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4}$$

$$N_s = 1500 \text{ rpm}$$

Catatan : putaran motor dari motor induksi tidak mencapai sinkron yang tertulis 1454 rpm, karena mengalami slip sebanyak 34 rpm.

Tabel 3. 2 Kecepatan Motor

| No. | Frekuensi | Rpm/Kecepatan Motor |
|-----|-----------|---------------------|
| 1. | 10 Hz | 300 rpm |
| 2. | 20 Hz | 600 rpm |
| 3. | 30 Hz | 900 rpm |
| 4. | 40 Hz | 1200 rpm |
| 5. | 50 Hz | 1500 rpm |

Tabel 3. 3 Kutub dan Frekuensi

| Jumlah kutub | 60 Hz | 50 Hz |
|--------------|-------|-------|
| 2 | 3600 | 3000 |
| 4 | 1800 | 1500 |
| 6 | 1200 | 1000 |
| 8 | 900 | 750 |

7. Sistem Direct On Line

Direct Online (DOL) adalah teknik yang memungkinkan kita untuk start/stop motor melalui suatu rangkaian control. Atau bisa disebut sebagai rangkaian pengunci, karena rangkaian DOL berfungsi untuk menjaga agar arus listrik tetap mengalir pada sebuah rangkaian pengendali. Rangkaian DOL adalah rangkaian yang paling dasar / sederhana saat mempelajari sistem pengendali.

Cara kerja sederhana pada rangkaian DOL dibagi atas dua rangkaian :

➤ Rangkaian Daya

Pada rangkaian daya akan menemukan komponen utama yang akan mengalirkan daya dari sumber ke beban yaitu motor. Mengalir atau tidaknya daya untuk motor ini diatur oleh rangkaian control.

➤ Rangkaian kontrol

Rangkaian control ini bekerja melalui sebuah device listrik yang disebut engan kontaktor yang akan memutuskan/mengalirkan daya dari sumber ke motor melalui anak-anak kontaknya yang digunakan adalah jenis normal terbuka atau normally Open yang sering disingkat dengan NO).

Secara umum, sistem DOL adalah sistem yang digunakan untuk mengaktifkan motor (dalam hal ini motor cooler fan) dengan mengatur pengaktifan kontaktor pada saat starter pada motor star delta.

Direct ON Line Starter

Direct On Line starter merupakan starting langsung. Penggunaan metoda ini sering dilakukan untuk motor-motor AC yang mempunyai kapasitas daya yang kecil. Maksud dari penyambungan langsung disini motor dijalankan langsung di switch on ke sumber tegangan jala-jala sesuai dengan besar tegangan nominal motor. Artinya tidak perlu mengatur atau menurunkan tegangan pada saat starting. Starter terdiri dari *Breaker* sebagai proteksi hubung singkat, *magnetic Contactor*, *Over Current relay* dan komponen kontrol seperti push button, MCB dan pilot lamp. Kontrol Start dan Stop dilakukan dengan push button yang mengontrol tegangan pada coil kontaktor. Sementara itu output ORC akan lepas tegangan ke coil kontaktor. Komponen penyusun starter ini harus mempunyai ampacity yang cukup

besar. Perlu diperhitungkan juga arus saat start motor, demikian juga ukuran range overloaddnya.

Star Delta starter

Starter ini mengurangi lonjakan arus dan torsi pada saat start. Tersusun atas 3 buah kontaktor yaitu *Main Contactor*, *Start Contactor* dan *Delta Contactor*, *Timer* untuk pengalihan dari Star ke Delta serta sebuah *overload relay*. Pada saat start, starter terhubung secara Star. Gulung startor hanya menerima tegangan sekitar 0,578 (seper akar tiga) dari tegangan line. Jadi arus dan torsi yang dihasilkan akan lebih kecil dari pada DOL startet. Setelah mendekati speed normal starter ini akan bekerja berpindah menjadi terkoneksi secara delta. Starter ini akan bekerja dengan baik jika saat start motor tidak terbenahi dengan berat.

Dalam pengontrolan motor *cooler fan*. Sistem DOL hanyalah untuk mengaktifkan motor sebagai penggerak fan. Komponen terpenting yang digunakan untuk pengontrolan tekanan udara pada cooler fan adalah Damper. Karena pada sistem DOL ini kecepatan motornya adalah tetap maka yang diatur agar jumlah flow udara yang dihasilkan sesuai dengan yang diberikan setpoint adalah persentase dari terbukanya katub pada Damper.

8. Analisa Perbandingan Pemakaian VSD dengan DOL

Perbandingan ini menggunakan data yang terbaca pada display saat dilapangan sebesar 75% maka data tersebut dibandingkan dengan data optimal pemakaian sebesar 80% dan maksimal pemakaian sebesar 100%. Sebelum masuk ke perbandingan tersebut berikut materi pengukurannya : Dalam mencari hasil pengukuran dan nilai set point sebagai berikut :

$$\text{Hasil Pengukuran} = \frac{((\text{Hasil Pengukuran Display})}{\text{range}} \times 16) + 4$$

Keterangan :

Hasil pengukuran display = data speed yang ditampilkan pada LCP (rpm)

Range = speed dari data spesifikasi motor (rpm)

Hasil pengukuran = berupa arus keluaran dari VSD (mA)

$$\text{Set Point} = \frac{(\text{Hasil Pengukuran Arus} - 4)}{16} \times \text{range}$$

Keterangan :

Set point (Y1) 0-100% = 4 – 20 mA

Aktual (F1) 0 – 82,0816605 Km³/jam = 4 – 20 mA

Range rentanagn nilai, misalnya apabila mencari % set point maka rangenya 0 – 100%, dan jika mencari kecepatan perputaran motor maka rangenya yaitu speed dari data spesifikasi motor.

Rumus set point ini bisa dipakai untuk mencari kecepatan perputaran motor (rpm), berikut rumusnya :

$$\text{Speed} = \frac{(\text{Hasil pengukuran} - 4)}{16} \times \text{range}$$

- Contoh perbandingan perhitungan pemakaian menggunakan VSD

➤ **Variable Speed Drive (VSD)**

Set point 100% (maksimal pemakaian)

Arus keluaran yang didapat pada VSD :

- $\text{Set point} = \frac{(\text{Hasil pengukuran}-4)}{16} \times \text{range}$
- $100\% = \frac{(\text{Hasil pengukuran}-4)}{16} \times 100\%$
- $\frac{100\%}{100\%} = \frac{(\text{Hasil pengukuran}-4)}{16}$
- $16 = \text{Hasil pengukuran arus} - 4$
- $\text{Hasil pengukuran arus} = 16 + 4$
- $\text{Hasil pengukuran arus} = 20 \text{ mA}$

Kecepatan perputaran motor :

- $\text{Speed} = \frac{(\text{Hasil pengukuran}-4)}{16} \times \text{range}$
- $\text{Speed} = \frac{20 \text{ mA}-4}{16} \times 1500$
- $\text{Speed} = \frac{16}{16} \times 1500$
- $\text{Speed} = 1500 \text{ rpm}$

Frekuensi yang didapat :

- $N_s = 120.f/p$
- $1500 = 120.f/4$
- $1500 \cdot 4 = 120.f$
- $6000 = 120.f$
- $f = 6000/120$
- $f = 50 \text{ Hz}$

Arus keluaran pada motor yang didapat :

- $\frac{450 \text{ A}}{1 \text{ output}} = \frac{100\%}{100\%}$
- $450 \text{ A} \cdot 1 = 1 \text{ output}$
- $450 \text{ A} = 1 \text{ output}$
- $1 \text{ output} = 450 \text{ A}$

Pada saat kondisi set point maksimal pemakaian atau 100% maka nilai flowratanya dari data yaitu 82,0816605 Km³/H

➤ Set point 85% (Optimal pemakaian)

Arus keluaran yang didapat pada VSD :

- $Set \ point = \frac{(Hasil \ pengukuran - 4)}{16} \times range$
- $85\% = \frac{(Hasil \ pengukuran - 4)}{16} \times 100\%$
- $\frac{85\%}{100\%} = \frac{(Hasil \ pengukuran - 4)}{16}$
- $0,85 \times 16 = Hasil \ pengukuran \ arus - 4$
- $Hasil \ pengukuran \ arus = 13,6 + 4$
- $Hasil \ pengukuran \ arus = 17,6 \text{ mA}$

Kecepatan perputaran motor :

- $Speed = \frac{(Hasil \ pengukuran - 4)}{16} \times range$
- $Speed = \frac{17,6 \text{ mA} - 4}{16} \times 1500$
- $Speed = \frac{13,6}{16} \times 1500$
- $Speed = 1.275 \text{ rpm}$

Frekuensi yang didapat :

- $N_s = 120.f/p$
- $1275 = 120.f/4$
- $1275 \cdot 4 = 120.f$
- $5.100 = 120.f$
- $f = 5.100/120$
- $f = 42,5 \text{ Hz}$

Arus keluaran pada motor yang didapat :

- $\frac{450 \text{ A}}{1 \text{ output}} = \frac{100\%}{85\%}$
- $450 \text{ A} \cdot 85 = 100 \cdot 1 \text{ output}$
- $38.250 \text{ A} = 100 \cdot 1 \text{ output}$
- $1 \text{ output} = 382 \text{ A}$

Flowrate yang didapat :

- $\frac{\text{Set point max}}{1.275 \text{ rpm}} = \frac{\text{flow max}}{\text{flowrate}}$
- $\frac{1500 \text{ rpm}}{1.275 \text{ rpm}} = \frac{82,0816605}{\text{flowrate}}$
- $\text{Flowrate} = \frac{82,0816605 \times 1275}{1500}$
- $\text{Flowrate} = \frac{104.654,1171375}{1500}$
- $\text{Flowrate} = 69,769411425 \text{ Km}^3/\text{H}$

➤ Set point 70%

Data yang terbaca dari display (VSD Danfoss) motor cooling fan 4W1K17M1 sebagai berikut :

Frekuensi = 50 Hz

Daya = 250 KW

Arus motor = 450 A

Speed = 1500 rpm

Set point = 70%

Pengujian data tersebut :

Arus keluaran yang didapat pada VSD :

- $Set\ point = \frac{(Hasil\ pengukuran-4)}{16} \times range$
- $70\% = \frac{(Hasil\ pengukuran-4)}{16} \times 100\%$
- $\frac{70\%}{100\%} = \frac{(Hasil\ pengukuran-4)}{16}$
- $0,7 \times 16 = Hasil\ pengukuran\ arus - 4$
- $Hasil\ pengukuran\ arus = 11,2 + 4$
- $Hasil\ pengukuran\ arus = 15,2\ mA$

Kecepatan perputaran motor :

- $Speed = \frac{(Hasil\ pengukuran-4)}{16} \times range$
- $Speed = \frac{15,2\ mA-4}{16} \times 1500$
- $Speed = \frac{11,2}{16} \times 1500$
- $Speed = 1.050\ rpm$

Frekuensi yang didapat :

- $N_s = 120.f/p$
- $1050 = 120.f/4$
- $1050 \cdot 4 = 120.f$
- $4200 = 120.f$
- $f = 4500/120$
- $f = 35\ Hz$

Arus keluaran pada motor yang didapat :

- $\frac{450\ A}{1\ output} = \frac{100\%}{70\%}$
- $450\ A \cdot 70 = 100 \cdot 1\ output$
- $31500\ A = 100 \cdot 1\ output$
- $1\ output = 315\ A$

Flowrate yang didapat :

$$\begin{aligned}
- \frac{\text{Set point max}}{1.050 \text{ rpm}} &= \frac{\text{flow max}}{\text{flowrate}} \\
- \frac{1500 \text{ rpm}}{1050 \text{ rpm}} &= \frac{82,0816605}{\text{flowrate}} \\
- \text{Flowrate} &= \frac{82,0816605 \times 1050}{1500} \\
- \text{Flowrate} &= \frac{86.185,743525}{1500} \\
- \text{Flowrate} &= 57,45716235 \text{ Km}^3/\text{H}
\end{aligned}$$

Pemakaian pada set point 70% dengan spesifikasi motor induksi tersebut, maka lebih rendah dari batas optimal sehingga flowrate yang didapat adalah 57,45716235 Km³/H, lebih kecil dari nilai flowrate optimalnya.

➤ **Direct On Line (DOL)**

Arus keluaran pada motor nilainya tetap yaitu sebesar 450 A berdasarkan nilai arus dari data spesifikasi motor hal ini dikarenakan kecepatan putaran motor tetap yaitu sebesar 1500 rpm. Berikut nilai flowrate pada saat bukan damper 75%, 80%, dan 100% :

- Buka damper 100% (maksimal pemakaian)

Flowrate yang didapat pada saat maksimal pemakaian (100%) dari data yaitu 82,0816605 Km³/H

- Buka damper 85% (maksimal pemakaian)

Flowrate yang didapat :

$$\begin{aligned}
\frac{\text{Set point max}}{85\%} &= \frac{\text{flow max}}{\text{flowrate}} \\
\frac{100\%}{85\%} &= \frac{82,0816605}{\text{flowrate}} \\
\text{flowrate} &= \frac{6.976,9411425}{100} \\
\text{flowrate} &= 69,769411425 \text{ Km}^3/\text{H}
\end{aligned}$$

- Buka damper 70%

Flowrate yang didapat :

$$\frac{\text{Set point max}}{70\%} = \frac{\text{flow max}}{\text{flowrate}}$$

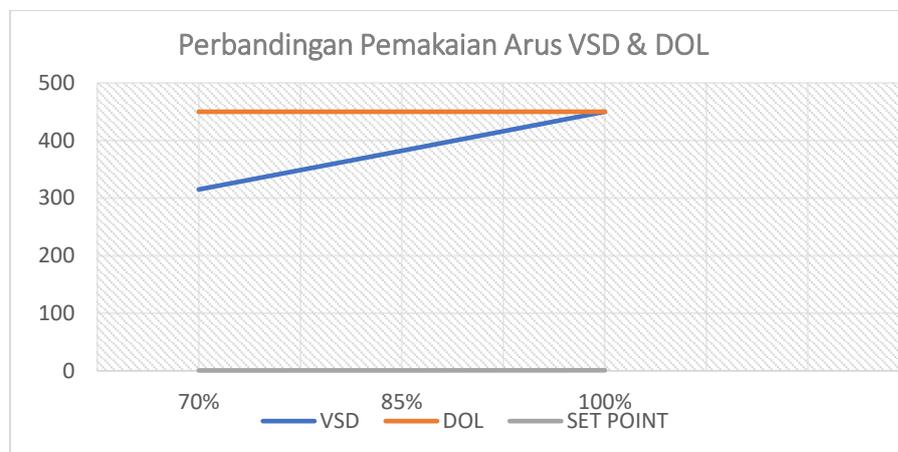
$$\frac{100\%}{70\%} = \frac{82,0816605}{\text{flowrate}}$$

$$\text{flowrate} = \frac{5.745,716235}{100}$$

$$\text{flowrate} = 57,45716235 \text{ Km}^3/\text{H}$$

Tabel 3. 4 Perbandingan keluaran VSD dan DOL

| VSD | | | | | DOL | | | |
|------------|-----------------|-------------------|----------------|-------------------------------|---------|-----------------|-------------------|-------------------------------|
| %set point | Arus output (A) | Speed motor (rpm) | Frekuensi (Hz) | Flowrate (Km ³ /H) | %Damper | Arus output (A) | Speed motor (rpm) | Flowrate (Km ³ /H) |
| 70% | 315 | 1050 | 35 | 61,561245375 | 70% | 450 | 1500 | 57,45716235 |
| 85% | 382 | 1275 | 42,5 | 69,769411425 | 85% | 450 | 1500 | 69,769411425 |
| 100% | 450 | 1500 | 50 | 82,0816605 | 100% | 450 | 1500 | 82,0816605 |



Gambar 3. 20 Perbandingan Pemakaian Arus VSD & DOL

Dari tabel serta grafik tersebut dapat dilihat bahwa arus yang dihasilkan dari penggunaan DOL jauh lebih besar dari arus pada VSD. Dapat disimpulkan bahwa pada pemakaian VSD semakin besar set point yang diberikan maka semakin besar speed yang didapat dan semakin besar nilai arus. Sedangkan pada DOL nilai speed dan arus tetap meski bukaan damper bervariasi. Untuk nilai flowrate dari pemakaian VSD dan DOL adalah sama.

9. Keuntungan Pemaianan Variable Speed Drive (VSD) Pada Motor Cooling Fan

- 1) Dengan menggunakan VSD kita bisa menghemat energi listrik karena kita dengan VSD kita dapat mengatur frekuensi tegangan yang kita inginkan sehingga motor tidak terlalu terpaksa bekerja.

Berikut pengujiannya :

Misalkan diambil salah satu data diatas yaitu pada saat set point 70% (VSD) dan bukaan damper 70% (DOL)

➤ DOL

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= V \times I \times \cos \phi \times \sqrt{3} \quad (\sqrt{3} \text{ dikarenakan memakai motor 3 phasa}) \\ &= 380V \times 450A \times 0,85 \times 1,73 \\ &= 251 \text{ Kw} \end{aligned}$$

$$\text{Pemakaian listrik sehari: } 251 \text{ Kw} \times 24 \text{ jam} = 5.160 \text{ kWh}$$

$$\text{Pemakaian listrik sebulan: } 5.160 \text{ kWh} \times 30 \text{ hari} = 154.800 \text{ kWh}$$

Karena PT. Semen Padang merupakan industri besar sehingga menggunakan tegangan tinggi maka tarif biaya listrik Rp. 996,74/kWh.

$$\begin{aligned} \text{Harga pemakaian listrik sehari} &= 5.160 \text{ kWh} \times \text{Rp. } 996,74/\text{kWh} \\ &= \text{Rp } 5.143.178 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga pemakaian listrik sebulan} &= 154.800 \text{ kWh} \times \text{Rp. } 996,74/\text{kWh} \\ &= \text{Rp } 154.295.352 \end{aligned}$$

➤ VSD

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= V \times I \times \cos \phi \times \sqrt{3} \quad (\sqrt{3} \text{ dikarenakan memakai motor 3 phasa}) \\ &= 380V \times 315A \times 0,85 \times 1,73 \\ &= 176 \text{ Kw} \end{aligned}$$

$$\text{Pemakaian listrik sehari : } 176 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} = 4.224 \text{ kWh}$$

$$\text{Pemakaian listrik sebulan : } 4.224 \text{ kWh} \times 30 \text{ hari} = 126.720 \text{ kWh}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga pemakaian listrik sehari} &= 4.224 \text{ kWh} \times \text{Rp. } 996,74/\text{kWh} \\ &= \text{Rp. } 4.210.229 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga pemakaian listrik sebulan} &= 126.720 \text{ kWh} \times \text{Rp } 996,74/\text{kWh} \\ &= \text{Rp } 126.306.892 \end{aligned}$$

Jadi, selisih biaya penggunaan DOL dan VSD selama sebulan yaitu : Rp 154.295.352 – Rp 126.306.892 = Rp 27.988.460

- 2) Pada pemakaian VSD, semakin besar set point yang diberikan maka semakin besar speed yang didapat dan semakin besar nilai arus sehingga nilai daya yang didapat sesuai kebutuhan yang dipakai hal ini lebih menghemat biaya pemakaian untuk set point dibawah setpoint maksimal. Sedangkan pada DOL nilai speed dan arus tetap meskipun bukaan damper bervariasi sehingga untuk pemakaian dibawah nilai maksimal dari daya tetap besar dan biaya keluaran tetap, hal tersebut membuat pemakaian DOL tidak efektif sehingga mengakibatkan pemborosan biaya.
- 3) VSD meminimalkan lonjakan arus starting yang tinggi, sehingga dapat meminimalkan besarnya daya yang terpakai saat starting motor listrik tersebut
- 4) VSD dapat mengurangi pemakaian peralatan yang digunakan untuk mengatur tekanan udara atau jumlah flowrate, karena sebelum menggunakan VSD, motor cooling fan 4WIK17M1 menggunakan damper untuk tekanan udara atau jumlah flowrate sehingga setelah pemasangan VSD penggunaan damper dibuka 100%.
- 5) Pada saat menggunakan VSD, untuk mengatuyr kecepatan perputaran motor lebih mudah karena hanya perlu mengatur frekuensi masuk pada VSD tersebut.
- 6) Dari pada menggunakan dumper yang sering terjadi permasalahan, lebih baik menggunakan VSD yang akan mengurangi permasalahan tersebut.

10. Keuntungan dan Kekurangan Pengontrollan Motor Cooling Fan Menggunakan VSD disbanding sistem DOL

Dalam pengontrollan flowrate udara pada motor *cooling fan* dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan menggunakan inverter (VSD) dan dengan menggunakan sistem DOL. Pengontrolan Motor *Coller fan* tersebut harus dilakukan dengan menggunakan salah satu dari kedua cara tersebut. Untuk memilih sistem mana yang akan digunakan, maka disediakan sebuah switch selector yang akan mengatur sistem yang akan digunakan untuk pengontrol motor tersebut. *Switch selector* akan menghubungkan salah satu sistem dengan catu daya dan memblok sistem yang lain dari catu daya.

Sistem yang terhubung dengan catu daya sesuai yang dipilih operator dilapangan maka secara otomatis sistem tersebutlah yang digunakan dalam pengontrolan motor *cooling fan* tersebut.

Saat *selector* yang dipilih adalah pada posisi inverter maka VSD akan bekerja mengontrol motor *coller fan*. Sistem DOL akan di blok (di OFF) kan oleh *switch selector*. Pada saat menggunakan inverter ini, maka posisl damper diatur pada posisi terbuka atau persentas100% tujuannya adalah agar tidak menghalangi jumlah *flowrate* udara dengan kecepatan motor yang telah di tentukan. Saat menggunakan sistem DOL maka inverter akan di OFF kan. Pada sistem ini kecepatan motor adalah tetap, sehingga untuk mengatur *flowrate* udara dari fan yang di mainkan adalah posisi damper yang di atur oleh operator PLC.

Dalam penggunaan kedua sistem tersebut, memiliki kelebihan dan kekurangan masing – masing seperti berikut :

A. Kelebihan dan Kekurangan Menggunakan VSD

Variable Speed Drive memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai berikut :

a) Kelebihan

- 1) Proses pengontrolan yang lebih baik menggunakan VSD dan dapat mengatur kecepatan motor sesuai dengan kebutuhan.
- 2) Hemat energi. Dengan menggunakan VSD dapat menghemat energi maksudnya dengan menggunakan VSD dapat mengurangi pemakaian daya karena putaran motor disesuaikan dengan flow yang dibutuhkan. Karena pemakaian daya motor tergantung pada kecepatan motor.
- 3) Mengurangi penyusutan motor dengan memanfaatkan kecepatan yang biasa diatur maka motor bisa bekerja tidak selalu maksimal. Dibandingkan dengan penggunaan dumper sebagai pengatur flow yang dibutuhkan. VSD dapat menghemat penggunaak daya untuk motor.
- 4) Efisiensi biaya untuk mengurangi biaya produksi.

b) Kerugian

- 1) Frekuensi yang dihasilkan oleh pulse with modulation tidak bisa sinusoida murni untuk itu harus diberikan filternya.
- 2) Seandainya kebutuhan flow 94% maka menghemat daya dengan penggunaan VSD hanya sedikit, maka otomatis akan rugi dalam pembelian dan pemeliharaan.
- 3) Dari segi ekonomis pembelian VSD lebih mahal.

B. Kekurangan Menggunakan DOL

- 1) Tidak dapat mengatur kecepatan motor
- 2) Boros energi, karena besarnya tekanan udara tidak dilakukan dengan mengatur kecepatan motor namun diatur dengan mengatur posisi damper akibatnya daya pada motor tetap besar walaupun kecepatan angin yang yang diperlukan kecil
- 3) Dari segi ekonomis sistem DOL jauh lebih boros dibanding dengan menggunakan VSD

BAB IV

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Proses pembuatan semen secara garis besar ada 4 tahap yaitu penambangan, penggilingan dan pencampuran bahan mentah, pembakaran, dan penggilingan hasil pembakaran (finishing).
2. PT. SEMEN PADANG menggunakan 2 sumber energi listrik yaitu Perusahaan Listrik Negara (PLN), dan Pembangkit Sendiri.
3. Variabel Speed Drive atau yang disingkat VSD merupakan sebuah alat pengaturan kecepatan motor dengan mengubah nilai frekuensi tegangan pada panel VSD yang masuk ke motor. Semakin besar nilai frekuensi yang dimasukkan maka semakin besar kecepatan perputaran motor yang didapatkan.
4. Pada pemakaian VSD semakin besar set point yang diberikan maka semakin besar speed yang didapat dan semakin besar nilai arus.
5. Motor cooler fan adalah untuk mendinginkan klinker yang keluar dari kiln temperature 1400 C menjadi 200 C keluar cooler sistem dengan cara mengalirkan flow dari cooling fan secara proposional.
6. Arus yang dihasilkan dari penggunaan DOL jauh lebih besar dari arus pada VSD, sehingga dengan pemakaian VSD dapat meminimalisir pemakaian biaya dan pemakaian lebih ekonomis.

B. Saran

1. Untuk meningkatkan keselamatan kerja dan mengurangi resiko kerja, hendaknya pekerja tidak lupa menggunakan alat pelindung diri (safety), seperti kaca mata khusus saat melakukan pengelasan, menggunakan masker las saat melakukan pembersihan.
2. Diharapkan dalam melakukan kerja agar selalu sesuai dengan prosedur dan petunjuk kerja.
3. Sebelum memulai kerja praktek di PT. SEMEN PADANG, agar mahasiswa kerja praktek diberi pengenalan dan pelatihan tentang hal yang akan dihadapi dilapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Biro pembinaan dan pengembangan personil 1996. *Pengenalan Peralatan listrik dan Instrumen*. PT. Semen Padang
- Danfoss.com. (24 April 2022). Danfoss Driver. <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/our-businesses/drives/>.
- Bayupancoro.wordpress.com. (2008, 2 Juli). *Variable Speed Drive (VSD) aka. INVERTER*. Diakses pada 20 April 2022, dari <https://bayupancoro.wordpress.com/2008/07/02/variable-speed-drive-vs-d-aka-inverter/>.
- www.electronics-tutorials.ws. (5 Mei 2022). *Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT)*. <https://www.electronics-tutorials.ws/power/insulated-gate-bipolar-transistor.html>.
- Money.kompas.com. (2022, 25 Januari). Daftar Tarif Listrik 2022: Beda Harga Listrik Subsidi dan Non-subsidi. Diakses pada 12 Mei 2022., dari <https://money.kompas.com/read/2022/01/25/092706226/daftar-tarif-listrik-2022-beda-harga-listrik-subsidi-dan-non-subsidi?page=all>.
- Humas PT.Semen Padang, Profil Perusahaan. Dikutip pada tanggal 21 Februari 2022. Pada www.semenpadang.co.id
- Unit Hubungan Industri. 2013. *Buku Pedoman Pengalaman Lapangan Industri (PLI) Mahasiswa FT UNP Padang*. Padang

LAMPIRAN

Dokumentasi Kegiatan PLI di PT. Semen Padang

1. Melakukan pengecekan motor yang akan dijalankan didaerah kiln inlet sebelum menjalankan area pabrik kiln.



2. Pengecekan kotak panel di area 4W1A54T1 cyclon kiln inlet.



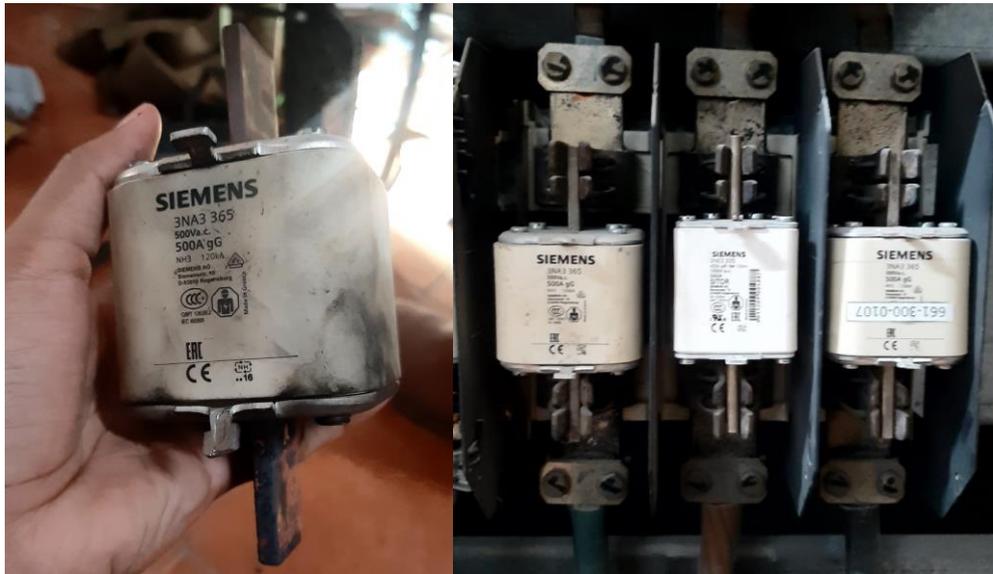
3. Pengecekan oil temperature dan winding temperature pada trafo area LC 20, LC 21.



4. Pengenalan motor-motor DC penggerak kiln, sistem kerja serta perawatan motor tersebut.



5. Mengamati penggantian fuse pada panel MCC dikarenakan short circuit pada area MCC tersebut.



6. Mengamati penggantian kontaktor dan Thermal Overload Relay diakibatkan short circuit pada kontaktor dan fuse yang diperbaiki sebelumnya.



7. Mengamati penggantian kabel dari panel MCC ke motor 4W1K13M1.



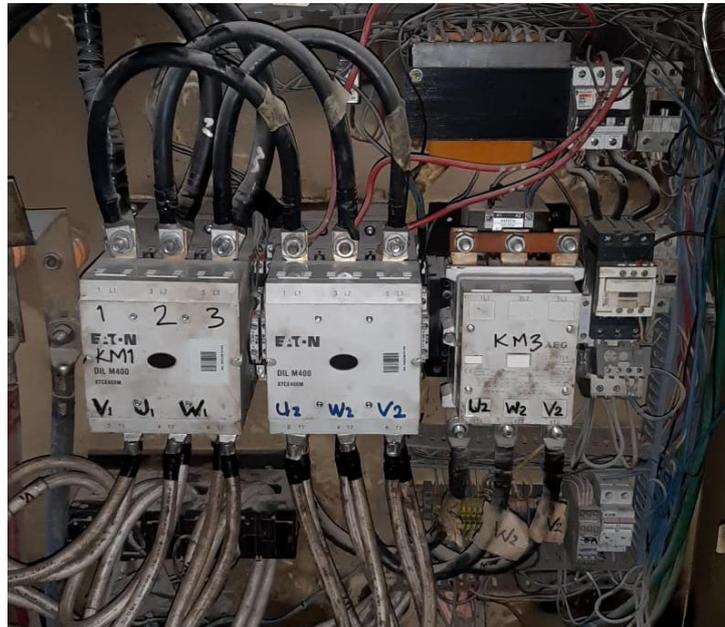
8. Mempelajari prosedur menjalankan pompa stand by hydraulic area SGA 4W1



9. Mengadakan acara perpisahan untuk karyawan yang pensiun.



10. Mengamati perbaikan panel kompresor yang terjadi short circuit di antara pengkabelan kotaktor utama dan kontaktor starnya.



11. Pengambilan data motor 4W1K17 beserta VSD Danfoss yang dipakai, bertujuan untuk laporan akhir PLI.



12. Mempelajari *Variable Speed Drive* Danfoss yang memiliki frekuensi maksimal 60 Hz.

