

**LAPORAN KERJA PRAKTEK
PT. SEMEN PADANG**

**"ANALYSIS VIBRATION DAN PERBAIKAN PADA
"COOLER FAN 5W1K26" DI PT. SEMEN
PADANG INDARUNG V"**

**DONITUA PANGGABEAN
2204211293**



**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNIK MESIN PRODUKSI DAN PERAWATAN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS
BENGKALIS-RIAU**

2024

LAPORAN KERJA PRAKTEK PT SEMEN PADANG
"ANALYSIS VIBRATION DAN PERBAIKAN PADA "COOLER FAN
5W1K26" DI PT. SEMEN PADANG INDARUNG V"



Sejak 1910

DONITUA PANGGABEAN

2204211293

Padang, 15 juli 2024 – 06 september 2024

Mengetahui:

Kordinator pembimbing kerja praktek

Pembimbing lapangan

Dosen Pembimbing

ANGGA PERMANA PUTRA
NIP. 9014122

RAZALI, S.T., M.T
NIP: 197312252012121004

Disetujui oleh:
Ketua Prodi D4 Teknik Mesin

BAMBANG DWI HARIPRIADI, S.T., M.T.
NIK: 197801302021211004

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa, karena segala rahmat, hidayah, dan karunia yang telah dilimpahkan-Nya penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan kerja praktek di PT Semen Padang dari tanggal 6 September 2024.

Laporan praktikum ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Praktek kerja lapangan di Prodi D-4 Teknik Mesin Produksi dan Perawatan Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis. Praktek industri ini diharapkan dapat membuat penulis dapat menerapkan ilmu yang diperoleh selama melakukan praktek pada situasi dan kondisi yang nyata.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan baik dari pihak institusi maupun kampus. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan yang Maha Esa, yang telah memberikan penulis kesempatan untuk menyelesaikan kegiatan kerja praktek di PT. Semen Padang.
2. Kepada ayah penulis mengirimkan doa dan kepada ibu tercinta yang telah memberikan dorongan dan dukungan dalam penyelesaian laporan ini.
3. Bapak Bambang Dwi Haripriadi, ST., MT selaku Kepala Prodi D-4 Teknik Mesin Produksi dan Perawatan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis
4. Bapak Ibnu Hajar, ST., MT selaku ketua jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis.
5. Bapak Razali, ST., MT selaku pembimbing penulis di kampus Politeknik Negeri Bengkalis.
6. PT. Semen Padang (Unit Maintenance Reliability) yang telah memberikan kesempatan dan segala fasilitas selama penulis melaksanakan Kerja Praktek.

7. Bapak Dani Darma Putra selaku Kepala Unit Maintenance Reliability.
8. Bapak Benny Dwi Putra, Muharmansyah, Abdi Butsinata, M. Udrizal selaku kepala bidang Unit Maintenance Reliability.
9. Bapak Angga Permana Putra kepala urusan Inspeksi Indarung V, sekaligus pembimbing lapangan atas bimbingan maupun materi yang telah diberikan.
10. Bapak Rully, Dan Bapak Ferry yang telah membantu dan membimbing penulis selama di lapangan.
11. Seluruh karyawan PT Semen Padang yang telah memberikan pengalaman dan bimbingan kepada penulis selama melakukan Kerja Praktek di lapangan.
12. Seluruh komponen yang ada di PT.Semen Padang yang telah bersedia diajak berdiskusi dalam penyelesaian laporan ini.

Dalam penulisan laporan Kerja Praktek ini masih banyak kekurangan, baik dalam isi maupun dalam penyajiannya, untuk itu penulis harapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan Laporan Kerja Praktek ini. Harapan penulis semoga laporan ini bermanfaat untuk diri pribadi dan masyarakat umumnya.

Bengkalis, September 2024



DONITUA PANGGABEAN
NIM:2204211293

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| LEMBARAN PENGESAHAN..... | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar belakang | 1 |
| 1.2 Tujuan..... | 2 |
| 1.3 Manfaat..... | 2 |
| BAB II GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN..... | 4 |
| 2.1 Sejarah Singkat Perusahaan..... | 4 |
| 2.2 Visi dan Misi Perusahaan | 7 |
| 2.3 Struktur Organisasi Perusahaan..... | 8 |
| 2.4 Ruang Lingkup Perusahaan..... | 10 |
| 2.5 Lingkup Pekerjaan Perusahaan..... | 11 |
| 2.5.1 Proses Produksi Basah | 12 |
| 2.5.2 Proses Produksi Kering..... | 14 |
| 2.6 Tempat dan waktu pelaksanaan kerja praktek..... | 19 |
| BAB III DESKRIPSI KEGIATAN SELAMA KERJA PRAKTEK | 20 |
| 3.1 Spesifikasi kegiatan selama Kerja Praktek..... | 20 |
| 3.2 Target yang diharapkan | 24 |
| 3.3 Alat pelindung diri yang digunakan | 24 |

| | | |
|--|--|----|
| 3.4 | Perangkat lunak/ keras yang digunakan | 27 |
| 3.5 | Data data yang di perlukan | 30 |
| 3.6 | Dokumen file-file yang dihasilkan | 31 |
| 3.7 | Kendala yang dihadapi dalam menyelesaikan tugas | 31 |
| 3.8 | Hal yang perlu | 31 |
| BAB IV ANALYSIS VIBRATION DAN PERBAIKAN PADA COOLER FAN | | |
| 5W1K26..... | | |
| 4.1 | <i>Vibration</i> (getaran) | 32 |
| 4.2 | <i>Temperature</i> (suhu) | 32 |
| 4.3 | Manfaat dan Tujuan melakukan pengukuran <i>Vibration</i> dan <i>Temperature</i> | 33 |
| 4.2.1 | Manfaat | 33 |
| 4.2.2 | Tujuan | 33 |
| 4.4 | Penyebab Terjadinya <i>Vibration</i> | 34 |
| 4.5 | Data Spektrum dan Frekuensi | 37 |
| 4.6 | <i>Fan</i> | 38 |
| 4.7 | <i>Cooler Fan</i> | 41 |
| 4.8 | Komponen – komponen <i>Cooler Fan</i> | 41 |
| 4.9 | <i>Analisis vibrasi</i> pada <i>cooler fan 5W1K26</i> | 47 |
| 1. | Data Pengukuran <i>Vibrasi Cooler FAN (5W1K26)</i> Sebelum perbaikan | 47 |
| 2. | Data Spectrum Sebelum balance..... | 48 |
| 3. | Penyebab <i>Vibrasi Tinggi</i> Pada <i>Cooler Fan 5W1K26</i> | 49 |
| 4. | Tindakan yang dilakukan pada <i>Cooler Fan</i> | 49 |
| 5. | Data vibrasi setelah balancing..... | 56 |
| BAB V PENUTUP..... | | |
| 57 | | |

| | | |
|----------------------|----------------------------------|----|
| 5.1 | Kesimpulan..... | 57 |
| 5.2 | Saran..... | 57 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 58 |
| LAMPIRAN..... | | 59 |
| 1. | Dokumentasi Kegiatan | 59 |
| 2. | Surat Penerimaan Magang | 61 |
| 3. | Surat Pernyataan..... | 62 |
| 4. | Nilai Dari Perusahaan | 63 |
| 5. | Sertifikat Magang..... | 64 |
| 6. | Absen Magang di Perusahaan | 65 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 1 PT Semen Padang pada awal berdiri..... | 5 |
| Gambar 2. 2 PT Semen Padang | 7 |
| Gambar 2. 3 Organisasi PT. Semen Padang | 9 |
| Gambar 2. 4 Proses pembuatan semen secara umum | 15 |
| Gambar 2. 5 Proses Raw Mill | 17 |
| Gambar 2. 6 Proses Kiln Mill | 18 |
| Gambar 2. 7 Proses Cement Mill | 19 |
| Gambar3. 1 safety halmet | 24 |
| Gambar3. 2 Kaca mata safety | 25 |
| Gambar3. 3 Masker safety | 25 |
| Gambar3. 4 Wearpack..... | 26 |
| Gambar3. 5 Safety shoes..... | 26 |
| Gambar3. 6 Sarung tangan..... | 27 |
| Gambar3. 7 Microsoft excel..... | 28 |
| Gambar3. 8 Omnitrend..... | 28 |
| Gambar3. 9 Komputer..... | 29 |
| Gambar3. 10 Vibxpert..... | 29 |
| Gambar3. 11 Thermal Imager | 30 |
| Gambar 4. 1 Vibxpert..... | 32 |
| Gambar 4. 2 Thermal flir | 33 |
| Gambar 4. 3 Unbalance (ketidak seimbangan) | 34 |
| Gambar 4. 4 Paraller Misalignment | 35 |
| Gambar 4. 5 Angular Misalignment | 35 |
| Gambar 4. 6 Combined Misalignment | 36 |
| Gambar 4. 7 Looseness | 37 |
| Gambar 4. 8 spectrum | 37 |
| Gambar 4. 9 Fan..... | 38 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4. 10 Axial Fan | 39 |
| Gambar 4. 11 Centrifugal Fan..... | 40 |
| Gambar 4. 12 Fan Centrifugal Backward Curved..... | 40 |
| Gambar 4. 13 Fan Centrifugal Forward Curve | 40 |
| Gambar 4. 14 Cooler Fan | 41 |
| Gambar 4. 15 Motor | 42 |
| Gambar 4. 16 Bearing | 42 |
| Gambar 4. 17 Housing bearing | 43 |
| Gambar 4. 18 Adapter bearing | 43 |
| Gambar 4. 19 Impeller | 44 |
| Gambar 4. 20 Shaft | 44 |
| Gambar 4. 21 Belt | 45 |
| Gambar 4. 22 pulley | 45 |
| Gambar 4. 23 Duct | 46 |
| Gambar 4. 24 Inlet duc..... | 46 |
| Gambar 4. 25 Outlet duct | 47 |
| Gambar 4. 26 Data vibrationi sebelum perbaikan..... | 47 |
| Gambar 4. 27 Standar ISO 10816 - 3..... | 48 |
| Gambar 4. 28 Data Spectrum Sebelum balance..... | 48 |
| Gambar 4. 29 yang dipenyebab Abrasi | 49 |
| Gambar 4. 30 Pemberian nomor pada blade | 50 |
| Gambar 4. 31 Pemberian lakban hitam pada poros..... | 50 |
| Gambar 4. 32 peletakan sensor di depan poros..... | 51 |
| Gambar 4. 33 data impeller pada vibxpert | 51 |
| Gambar 4. 34 proses melakukan balacing | 52 |
| Gambar 4. 35 proses penimbangan plat | 52 |
| Gambar 4. 36 proses pengelasan plat pada blade impeler..... | 53 |
| Gambar 4. 37 proses trial dan penambahan 1 | 53 |
| Gambar 4. 38 proses penambahan 2 dan 3Proses balacing..... | 54 |
| Gambar 4. 39 Vektor Balancing | 55 |
| Gambar 4. 40 Tabel Data Vibrasi Sesudah Perbaikan | 56 |

Gambar 4. 41 data spectrum sesudah balancing 56

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3. 1 Laporan Kerja Praktek Minggu ke I | 20 |
| Tabel 3. 2 Laporan Kerja Praktek Minggu ke II | 20 |
| Tabel 3. 3 Laporan Kerja Praktek Minggu ke III..... | 21 |
| Tabel 3. 4 Laporan Kerja Praktek Minggu ke IV..... | 21 |
| Tabel 3. 5 Laporan Kerja Praktek Minggu ke V | 22 |
| Tabel 3. 6 Laporan Kerja Praktek Minggu ke VI..... | 22 |
| Tabel 3. 7 Laporan Kerja Praktek Minggu ke VII | 23 |
| Tabel 3. 8 Laporan Kerja Praktek Minggu ke VIII..... | 23 |
| Tabel 4. 1 Proses balancing..... | 54 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Perkembangan teknologi yang mengalami percepatan menuntut ketersediaan tenaga kerja yang siap untuk langsung terlibat dalam kegiatan industri. Perusahaan-perusahaan yang memiliki visi ke depan umumnya telah mendirikan departemen pelatihan. Meskipun ada beberapa perusahaan yang tidak memiliki departemen khusus, namun mereka juga telah menerapkan program pelatihan bagi karyawannya. Namun, jika setiap perusahaan harus menyediakan pelatihan sendiri bagi calon karyawan, hal tersebut akan memberikan beban yang besar bagi perusahaan-perusahaan tersebut.

PT Semen Padang menawarkan kesempatan bagi mahasiswa untuk melakukan kerja praktek sebagai bentuk pendekatan dunia kerja, di mana mereka dapat mengaplikasikan pengetahuan yang telah mereka peroleh selama perkuliahan. Selain itu, PT Semen Padang juga dapat membantu dalam pengembangan sikap dan pola pikir mahasiswa selama kerja praktek, sehingga mahasiswa dapat memperoleh sikap yang baik, rileks, dan percaya diri saat memasuki lingkungan kerja profesional.

Sebagai seorang mahasiswa di bidang teknik, ada sejumlah persyaratan yang harus dipenuhi untuk meraih gelar sebagai seorang insinyur. Persyaratan tersebut tidak hanya diperoleh dari pengalaman perkuliahan, melainkan juga melalui pengalaman kerja praktek. Kerja praktek merupakan salah satu mata kuliah yang harus diambil oleh mahasiswa Teknik Mesin. Partisipasi dalam kerja praktek sangat bermanfaat karena membantu mahasiswa dalam memperluas pengetahuan yang telah diperoleh selama perkuliahan, serta meningkatkan kualitas pendidikan secara keseluruhan.

Hal ini dikarenakan kerja praktek menciptakan keseimbangan antara teori yang dipelajari di perkuliahan dengan pengalaman praktis di lapangan, dan juga

memberikan manfaat bagi perusahaan dengan membantu mereka dalam menyelesaikan beberapa masalah yang dihadapi

1.2 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam proses pelaksanaan kerja praktek ini adalah sebagai berikut:

1. Memberi mahasiswa kesempatan untuk menerapkan ilmu pengetahuan teori/konsep sesuai dengan program studinya yang telah dipelajari dibangku kuliah disuatu perusahaan.
2. Memberi kesempatan kepada mahasiswa untuk memperoleh pengalaman praktis sesuai dengan pengetahuan dan keterampilan program studinya.
3. Menguji kesempatan kepada mahasiswa untuk menganalisis, mengkaji teori/konsep dengan kenyataan kegiatan penerapan ilmu pengetahuan dan keterampilan disuatu organisasi/perusahaan.
4. Menguji kemampuan mahasiswa politeknik negeri bengkali sesuai dengan program studi terkait dalam pengetahuan, ketrampilan, dan kemampuan dalam penerapan pengetahuan dan attitude/perilaku mahasiswa dalam berkerja.
5. Mendapat umpan balik dari dunia usaha mengenai kemampuan mahasiswa dan kebutuhan dunia usaha guna mengembangkan kurikulum dan proses pembelajaran bagi mahasiswa politeknik negeri bengkalis.

1.3 Manfaat

Manfaat kerja praktek yang dilakukan oleh Mahasiswa Politeknik Negeri Bengkalis, adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan ilmu yang tidak didapatkan dibangku perkuliahan.
2. Menambah wawasan dan pengalaman kerja dibidang Teknik Mesin.

3. Mengetahui dunia kerja dan cara berinteraksi yang baik di tempat kerja.
4. Mahasiswa dapat menerapkan ilmu pengetahuan di dalam dunia kerja secara nyata.
5. Mahasiswa memperoleh kesempatan untuk dapat menganalisis masalah yang berkaitan dengan ilmu pengetahuan yang diterapkan dalam pekerjaan yang dilakukan di dalam dunia kerja.

BAB II

GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

2.1 Sejarah Singkat Perusahaan

Pada tahun 1896, seorang perwira Belanda dengan kewarganegaraan Jerman bernama Ir. Carl Christophus Lau tertarik dengan batuan yang ditemukan di Bukit Karang Putih dan Bukit Ngalau. Batu-batuan tersebut dikirim ke Belanda untuk diteliti, dan hasil penelitian menunjukkan bahwa batu-batuan tersebut dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan semen. Pada tanggal 25 Januari 1907, Ir. Carl Christophus Lau mengajukan permohonan kepada pemerintah Hindia Belanda untuk mendirikan pabrik semen di Indarung.

Permohonan tersebut disetujui pada tanggal 16 Agustus 1907. Untuk memperluas usahanya, Lalu melakukan kerjasama dengan beberapa perusahaan seperti Fa. Gebroeders Veth, Fa. Dunlop, Fa. Yarman & Soon, serta pihak swasta lainnya. Hal ini menghasilkan pendirian *NV Netherlandesch Indische Portland Cement Maatschubpij* (NV NIPCM) pada tanggal 18 Maret 1910, dengan akta notaris Johannes Piede Smidth di Amsterdam. Pabrik semen ini menjadi yang tertua di Indonesia.

Terletak sekitar 15 km dari pusat Kota Padang, pabrik ini mulai beroperasi pada tahun 1913 dengan kapasitas produksi sebesar 22.900 ton per tahun, dan pada tahun 1939 mencapai produksi tertinggi sebesar 172.000 ton. Selama masa pendudukan Jepang di Indonesia dari tahun 1942 hingga 1945, pabrik semen ini dikelola *oleh manajemen Asano Cement Jepang*.

Setelah Proklamasi Kemerdekaan pada tahun 1945, pabrik ini diambil alih oleh karyawan Indonesia dan kemudian diserahkan kepada Pemerintah Republik Indonesia dengan nama Kilang Semen Indarung. PT Semen Padang pada awal berdiri dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2. 1 PT Semen Padang pada awal berdiri
(Sumber : www.infosumbar.net.co.id)

Perusahaan kemudian melakukan peningkatan kapasitas produksi dengan melakukan optimalisasi pabrik Indarung I serta pembangunan pabrik baru seperti Indarung II, IIIA, IIIB, dan IIIC. Sebagai hasil dari perbaikan ini, mulai dari 1 Januari 1994, kapasitas produksi terpasang meningkat menjadi 3.720.000 ton semen per tahun.

Pabrik Indarung I, sebagai pabrik tertua yang menggunakan proses basah, kini tidak lagi beroperasi karena alasan efisiensi dan kesulitan dalam mendapatkan suku cadang peralatannya, meskipun tetap dipelihara dengan baik. Pabrik Indarung II dibangun pada tahun 1977 dan selesai pada tahun 1980, sementara pabrik Indarung IIIA dibangun antara tahun 1981 dan 1983, dan Indarung IIIB selesai pada tahun 1987. Pabrik Indarung IIIC kemudian dibangun oleh PT Semen Padang pada tahun 1994.

Kemudian, dalam perkembangannya, pabrik Indarung IIIA kemudian diubah namanya menjadi pabrik Indarung III, sementara pabrik Indarung IIIB dan IIIC yang menggunakan satu kiln yang sama diberi nama pabrik Indarung IV dan Indarung V pada tanggal 16 Desember 1998. Dengan diresmikannya pabrik Indarung VI pada tanggal 16 Desember 2016, kapasitas produksi meningkat menjadi 8.840.000 ton semen per tahun.

Pada tahun 1995, Pemerintah melakukan penggabungan antara PT Semen Tonasa dan PT Semen Gresik, yang kemudian dikenal sebagai Semen Gresik Group (SGG). Pada tahun 1998, pemerintah menjual 14% saham SGG kepada CEMEX, yang kemudian meningkat menjadi 25,53%. Dengan demikian, PT Semen Padang juga menjadi bagian dari kepemilikan CEMEX. Hal ini dilakukan untuk mengatasi beban utang luar negeri yang signifikan, sehingga Semen Gresik Group dijual untuk membayar utang luar negeri Indonesia. Menurut Surat Keputusan Menteri Keuangan RI Nomor S-326/MK.016/1995 tanggal 5 Juni 1995, pemerintah melakukan penggabungan tiga Badan Usaha Milik Negara (BUMN) di sektor semen, yaitu PT Semen Gresik (PTSG), PT Semen Padang (PTSP), dan PT Semen Tonasa (PTST). Penggabungan ini diresmikan pada tanggal 15 September 1995. Ketiga perusahaan ini kemudian berada di bawah naungan PT Semen Gresik Indonesia (Persero) Tbk, sesuai dengan hasil Rapat Umum Pemegang Saham Luar Biasa (RUPSLB) di Jakarta pada tanggal 20 Desember 2012. PT Semen Padang bersama PT Semen Gresik, PT Semen Tonasa, dan Thang Long Cement Company Vietnam kemudian menjadi bagian resmi dari PT Semen Indonesia, yang merupakan perusahaan semen terbesar di Indonesia.

PT Semen Padang telah meraih pengakuan internasional dari *International Organization for Standardization* (ISO) dalam bentuk sertifikasi ISO 9002 dan ISO 9001. Sertifikasi ISO 9002 merupakan pengakuan internasional dalam bidang manajemen mutu terkait dengan kegiatan pertambangan bahan baku, pembuatan semen, dan pemasaran semen. Sedangkan ISO 9001 berkaitan dengan desain, pengembangan, produksi, pemasangan, dan layanan peralatan untuk industri. Selain itu, PT Semen Padang juga telah memperoleh sertifikasi ISO 14001 untuk sistem *manajemen* lingkungan. Hingga saat ini, perusahaan terus melakukan pengembangan dan peningkatan kapasitas produksi pada setiap unit pabrik yang telah ada, termasuk Indarung II, III, IV, V, dan VI.



Gambar 2. 2 PT Semen Padang
(Sumber : www.Redaksi.com)

Kehadiran PT Semen Padang memiliki dampak yang bervariasi, baik positif maupun negatif, terhadap perkembangan industri kecil dan menengah, baik di Sumatera Barat maupun di daerah lainnya. Dampak positifnya meliputi kemitraan dengan perusahaan seperti PT PLN, PT Tambang Bukit Asam, Perumtel, dan PJKA.

Selain itu, perusahaan ini juga telah memberdayakan sekitar 500 pemuda putus sekolah melalui program Lokakarya Latihan Keterampilan (LOLAPIL) untuk meningkatkan keterampilan, kemandirian, dan jiwa wirausaha. Sementara itu, dampak negatifnya terutama dirasakan oleh masyarakat di sekitar pabrik, seperti polusi udara akibat debu dari cerobong dan pencemaran air oleh limbah pabrik. Meskipun demikian, upaya telah dilakukan untuk mengatasi dampak tersebut, meskipun belum sepenuhnya berhasil.

2.2 Visi dan Misi Perusahaan

PT Semen Padang merupakan pabrik semen tertua di Indonesia dengan motto 'Kami telah membuat sebelum yang lain memikirkannya' memang sangat relevan. Dalam beberapa hal misalnya eksistensi sebagai instansi industri PT Semen Padang primadona diantara pabrik lainnya, mulai dari pabrik yang pertama melakukan ekspor.

Kesuksesan dan pengembangan produksi dengan membangun unit pabrik baru secara Swakelola sampai kepada kemampuan rancang bangun perekayasaan dengan aplikasi membuat peralatan pabrik.

1. Visi

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

2. Misi

- a. Memproduksi dan memperdagangkan semen serta produk terkait lainnya yang berorientasi kepada kepuasan pelanggan.
- b. Mengembangkan SDM yang kompeten, professional dan berintegritas tinggi.
- c. Meningkatkan kemampuan rekayasa dan engineering untuk mengembangkan industri semen nasional .
- d. Memberdayakan, mengembangkan dan mensinergikan sumber daya perusahaan yang berwawasan dan lingkungan.

2.3 Struktur Organisasi Perusahaan

Dalam pengaturan perusahaan, PT Semen Padang memiliki struktur organisasi sebagai berikut:

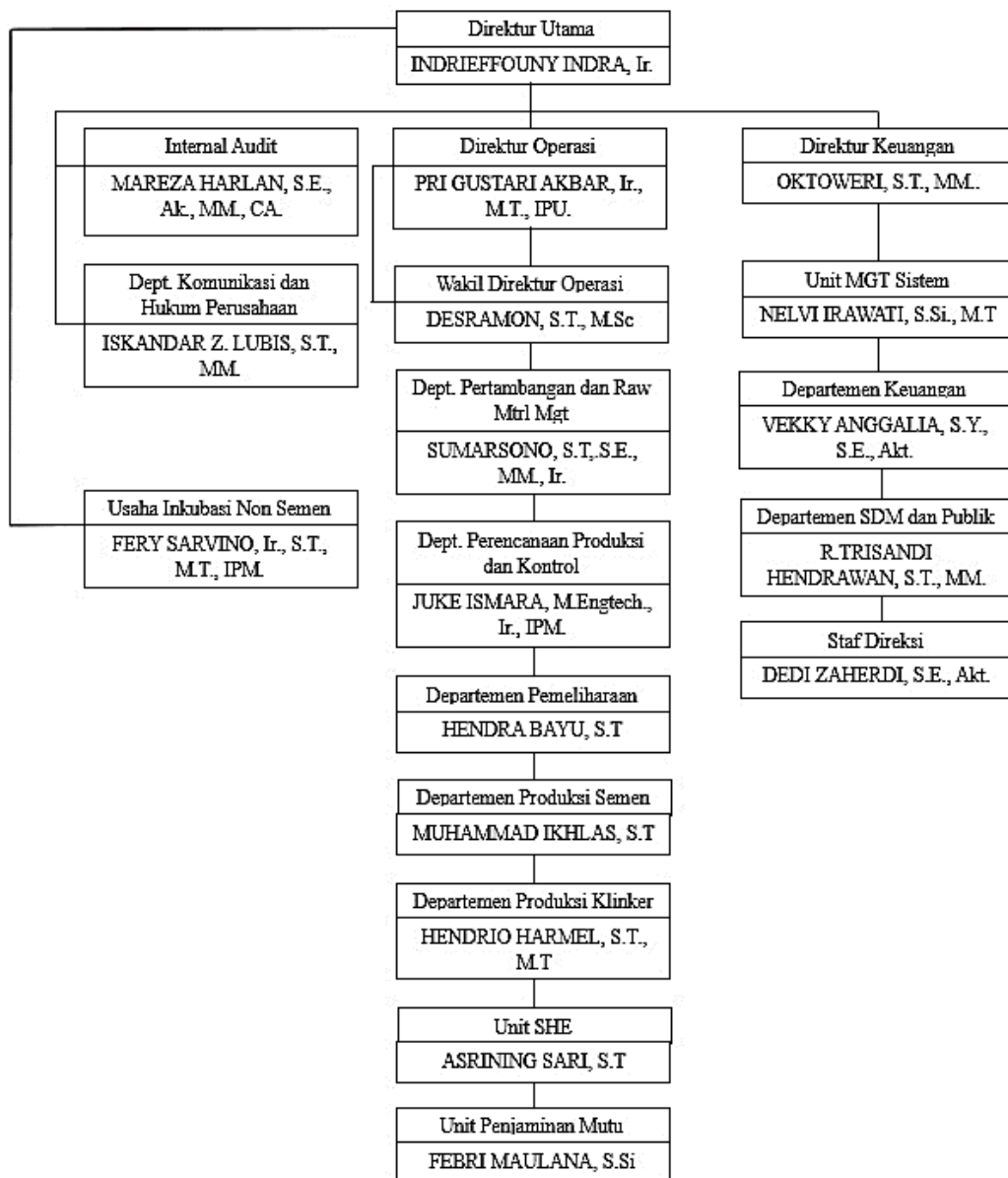
1. Dewan Komisaris

Dewan komisaris dipilih melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Tugas dewan komisaris adalah sebagai badan pengarah dan tempat konsultasi bagi direktur utama dalam pengambilan keputusan.

2. Dewan Direksi

Pada PT Semen Padang, direksi terdiri dari satu direktur utama yang mengawasi dua direktur lainnya, yaitu direktur keuangan dan direktur operasi. Di bawah direktur operasi, terdapat Departemen Pemeliharaan yang mengelola beberapa unit sebagai berikut:

- a. Unit Pemeliharaan Mesin bertanggung jawab atas pemeliharaan mesin dan aspek mekanikal lainnya. Unit ini dibagi menjadi PM 1 untuk area pabrik Indarung II, III, dan V, serta PM 2 untuk area pabrik Indarung IV dan VI.
- b. Unit Pemeliharaan Elektronika dan Instrumentasi bertanggung jawab atas pemeliharaan sistem kelistrikan, elektronika, serta semua peralatan instrumentasi di pabrik. Unit ini juga dibagi menjadi dua bagian yang sesuai dengan pembagian pada unit pemeliharaan mesin.



Gambar 2. 3 Organisasi PT. Semen Padang
(Sumber : PT. Semen Padang)

Selain itu, direktur utama bersama dewan direksi juga memiliki tanggung jawab atas beberapa Anak Perusahaan dan Lembaga Penunjang (APLP), serta Panitia Pelaksana Keselamatan dan Kesehatan Kerja (P2K3). Anak perusahaan dan lembaga penunjang tersebut meliputi:

1. PT. IGASAR, yang aktif dalam distribusi semen, kontraktor, pengembangan real estate, perdagangan umum, produksi bahan bangunan, dan penyewaan alat berat.
2. YAYASAN IGASAR, sebuah lembaga pendidikan yang mengelola fasilitas pendidikan dari tingkat TK hingga SMA/SMK.
3. PT. YASIGA SARANA UTAMA, bergerak dalam perdagangan umum, jasa konstruksi, penyewaan, transportasi umum, pertambangan, dan jasa lainnya.
4. PT. ANDALAS YASIGA PERKASA, yang fokus pada suplai tanah liat untuk memenuhi kebutuhan bahan mentah PT Semen Padang.
5. PT. BIMA SEPAJA ABADI adalah perusahaan patungan dengan sektor swasta yang berfokus pada kegiatan *packing plant* dan distribusi semen.
6. PT. SEPATIM BATAMTAMA merupakan kemitraan usaha untuk distribusi semen di wilayah Batam-Riau.
7. PT. SUMATERA UTARA PERKASA SEMEN merupakan kemitraan usaha untuk distribusi semen di wilayah Sumatera Utara.
8. PT. PASOKA SUMBER KARYA beroperasi dalam bidang kontraktor dan penyediaan tenaga kerja untuk kebutuhan Semen Padang.
9. DANA PENSIUN adalah lembaga penunjang yang mengelola program pensiun bagi karyawan perusahaan.
10. PEMBINAAN USAHA KECIL DAN KOPERASI bertugas memberikan bimbingan kepada pengusaha kecil dan koperasi yang beroperasi di Sumatera Barat.

2.4 Ruang Lingkup Perusahaan

PT Semen Padang adalah salah satu perusahaan semen terkemuka di Indonesia, bahkan tercatat sebagai produsen semen tertua di Asia Tenggara. Perusahaan ini memiliki peran penting dalam industri konstruksi di Indonesia dan

telah berkontribusi dalam pembangunan berbagai proyek infrastruktur.

Ruang Lingkup Kegiatan Utama PT Semen Padang:

1. **Produksi Semen:** Inti dari bisnis PT Semen Padang adalah memproduksi berbagai jenis semen, baik semen kantong maupun semen curah. Semen yang dihasilkan digunakan secara luas dalam berbagai proyek konstruksi, mulai dari pembangunan gedung, jalan, jembatan, hingga proyek infrastruktur lainnya.
2. **Distribusi Semen:** Perusahaan memiliki jaringan distribusi yang luas untuk menjamin ketersediaan produk semen ke seluruh wilayah Indonesia. Distribusi dilakukan melalui berbagai saluran, seperti agen, distributor, maupun penjualan langsung ke konsumen.
3. **Inovasi Produk:** PT Semen Padang terus melakukan inovasi untuk mengembangkan produk-produk baru yang lebih berkualitas dan sesuai dengan kebutuhan pasar. Hal ini dilakukan untuk mempertahankan daya saing perusahaan di tengah persaingan bisnis yang semakin ketat.
4. **Keberlanjutan:** Perusahaan berkomitmen untuk menjalankan bisnis yang berkelanjutan dengan memperhatikan aspek lingkungan, sosial, dan tata kelola perusahaan yang baik (*good corporate governance*). Upaya keberlanjutan ini mencakup pengelolaan lingkungan yang baik, pengembangan masyarakat sekitar, serta penerapan praktik bisnis yang transparan dan akuntabel.
5. **Pelestarian Cagar Budaya:** Pabrik semen PT Semen Padang merupakan salah satu cagar budaya nasional. Perusahaan berkomitmen untuk melestarikan nilai sejarah dan budaya yang terkandung dalam pabrik tersebut.

2.5 Lingkup Pekerjaan Perusahaan

Proses pembuatan semen di PT Semen Padang dilakukan melalui dua metode yakni Proses Produksi Basah Proses Produksi Kering. Kedua proses tersebut hanya dibedakan berdasarkan jumlah air yang terkandung dalam bahan baku yang dimasukkan ke dalam *kiln*.

2.5.1 Proses Produksi Basah

Pada PT Semen Padang, proses pembuatan menggunakan metode basah terjadi di Unit Indarung I. Secara umum, langkah-langkah proses pembuatan semen dengan metode basah tersebut adalah sebagai berikut:

A. Persiapan Bahan Mentah

Bahan mentah yang digunakan dalam pembuatan semen meliputi:

1. Batu Kapur (*Lime stone*)

Batu kapur merupakan sumber kalsium oksida (CaO) dan kalsium karbonat (CaCO₃). Batu kapur ini diperoleh dari penambangan di Bukit Karang Putih. Tahapan penambangan batu kapur ini adalah sebagai berikut:

- a. *Shipping*, merupakan proses pengupasan atau pembukaan lapisan kerak batu karang untuk mendapatkan lapisan batu kapur.
- b. *Borring*, dilakukan dengan menggunakan alat *crawler drill* dan *drill* master yang ditenagai oleh udara bertekanan dari kompresor. Pengeboran dengan diameter 5,5 inci ini bertujuan untuk menyiapkan tempat untuk peledakan.
- c. *Blasting*, adalah tahap peledakan menggunakan dinamit dan campuran Amonium Nitrat dan fuel oil (ANFO).
- d. *Dozing*, merupakan proses pengumpulan batu kapur yang telah diledakkan dengan menggunakan *dozer*, kemudian diangkut ke tempat penampungan.
- e. *Crushing*, merupakan proses pengurangan ukuran material sampai mencapai ukuran yang diinginkan, yang dilakukan langsung di area penambangan.
- f. Pengiriman material ke silo penyimpanan, dilakukan dengan menggunakan *belt conveyor*.

2. Batu Silika (*Silica stone*)

Material ini mengandung silikon oksida (SiO₂) dan aluminium oksida (Al₂O₃). Ditambang di Bukit Ngalau. Penambangannya dilakukan tanpa peledakan, melainkan dengan meruntuhkan menggunakan trackcavator dan kemudian dibawa ke *crusher* dengan *sheel loader* atau *dump truck*.

3. Tanah Liat (*clay*)

Merupakan sumber aluminium oksida dan besi oksida. Ditambang di sekitar pabrik (Bukit Atas) dengan menggunakan *excavator*, dan diangkut ke pabrik menggunakan *dump truck*.

4. Pasir Besi (*iron sand*)

Sebagai sumber Fe_2O_3 , pasir besi ini tidak ditambang sendiri oleh PT Semen Padang, melainkan didatangkan dari Cilacap.

5. Gypsum

Gypsum digunakan sebagai penambah agar semen tidak cepat mengering dan mengeras. *Gypsum* yang dibutuhkan oleh PT Semen Padang didatangkan dari Gresik, Australia, atau Thailand.

B. Pengolahan Bahan Mentah

1. Sistem Satu Tingkat

Pada sistem ini, bahan mentah dicampur dalam tromol yang memiliki tiga kamar. Kamar pertama diisi dengan gerinding media berdiameter 60 - 70 mm, kamar kedua dengan gerinding media 30 - 50 mm, dan kamar ketiga dengan *cylpeb* (tromol tanah) yang berbentuk bulat panjang dan terdiri dari tiga bagian, yaitu Tromol tanah 20 – IV, Tromol tanah 20 – V, dan Tromol tanah 20 – VI. Tromol tanah 20 - IV memproses batu kapur, batu silika, dan pasir besi. Hasil campuran tersebut berupa luluhan (*slurry*) setelah dicampur dengan tanah merah.

2. Sistem Dua Tingkat

Pada sistem ini, campuran bahan mentah terdiri dari batu kapur, batu silika, tanah merah, dan pasir besi. Campuran ini diaduk dalam dua tromol terpisah, yaitu kominator yang berisi gerinding media berdiameter 60 -90 mm dan tromol tanah kedua (T 20 - II dan T 20 - III). Luluhan yang dihasilkan dialirkan ke bak penampung, sedangkan yang kasar kembali ke *tahub* penggilingan. Di dalam bak, luluhan diaduk dengan tekanan udara, kemudian dipompakan ke dalam tangki koreksi untuk mengatur komposisi kimia luluhan. Setelah itu, luluhan dialirkan ke *slurry basin* sambil terus diaduk hingga *homogen*.

3. Pembakaran *Slurry*

Pembakaran *slurry* dilakukan dalam *kiln*. Di Unit Indarung I, pembakaran *slurry* dilakukan menggunakan lima *kiln*, dimana *kiln* I dan II menggunakan media pendingin *grate cooler*, sementara *kiln* lainnya menggunakan media pendingin *Planetary cooler*. Kapasitas masing-masing *kiln* adalah: *Kiln* I dan II 100 ton/hari, *Kiln* III 200 ton/hari, *Kiln* IV 270 ton/hari, dan *Kiln* V 500 ton/hari. Batu bara yang dipanaskan hingga 80° - 90° C digunakan sebagai bahan bakar, yang kemudian digiling dalam tromol arang dan disemprotkan ke dalam *kiln*. Proses pembentukan *slurry* di dalam *kiln* melalui lima *tahub*, yaitu: a) Zona Pengeringan, b) Zona Pemanasan Awal, c) Zona Kalsinasi, d) Zona Pembakaran, dan e) Zona Pendinginan.

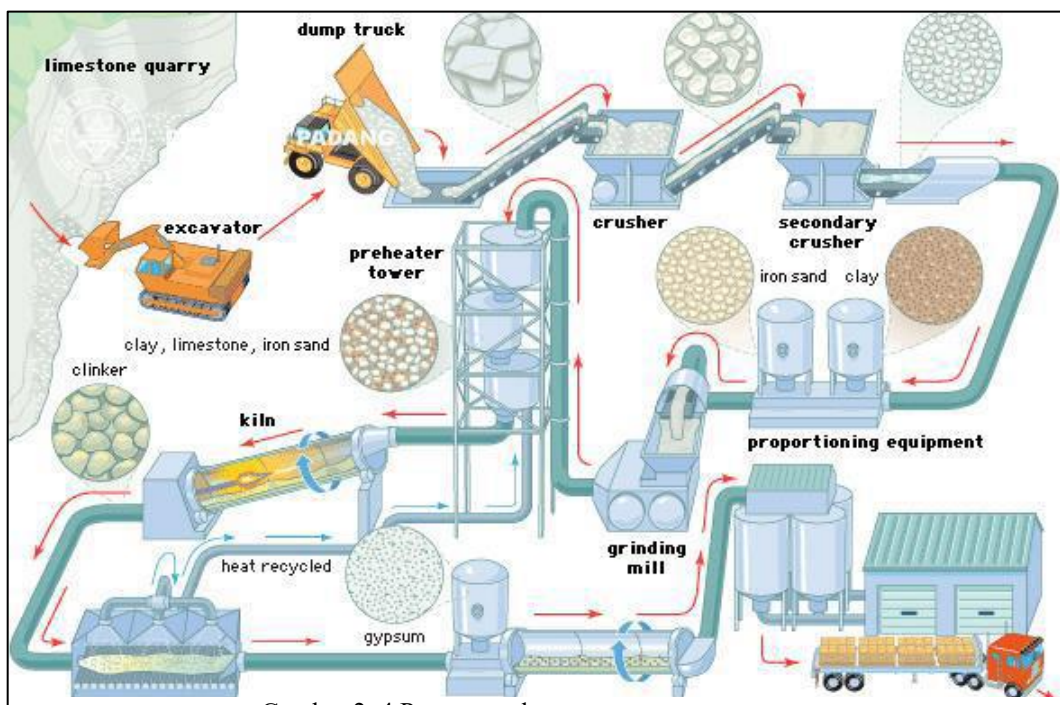
4. Proses Penggilingan *Clinker* di *Finish Mill*

Clinker yang disimpan di silo diangkut ke *hooper Finish Mill* yang berdekatan dengan *gypsum*. *Clinker* dicampur dengan *gypsum* dengan perbandingan sekitar 97% dan 3%, kemudian dimasukkan ke dalam *Finish Mill* berdiameter 90 - 60 mm dan 30 - 50 mm. Hasil dari penggilingan tersebut adalah semen.

2.5.2 Proses Produksi Kering

Pada dasarnya, proses pembuatan semen dengan metode basah mirip dengan proses pembuatan semen dengan metode *kering*. Perbedaannya terletak pada kadar air dalam bahan baku yang dimasukkan ke dalam *kiln*, yaitu sekitar 0 - 1%. Proses ini dilakukan di pabrik Indarung II, III, IV, V, dan VI. Seperti pada proses basah, proses *kering* juga melalui beberapa *tahuban*. Pada kesempatan ini, akan dibahas proses produksi di pabrik Indarung IV.

Secara umum, proses pembuatan semen dimulai dari *Raw Mill*, di mana bahan baku yang dibutuhkan untuk membuat semen digiling hingga menjadi halus, yang disebut *Raw Mix*. Kemudian, *Raw Mix* dibawa ke *Kiln* untuk dipanaskan hingga menjadi *clinker*. *Clinker* kemudian didinginkan cepat dan ditambahkan dengan bahan aditif, seperti *gypsum*, sebelum digiling di *Finish Mill*. Setelah melewati *Finish Mill*, semen siap untuk dikemas dan dipasarkan.



Gambar 2. 4 Proses pembuatan semen secara umum

(Sumber : www.widyprmtsrblogspot.com)

A. Proses di Raw Mill

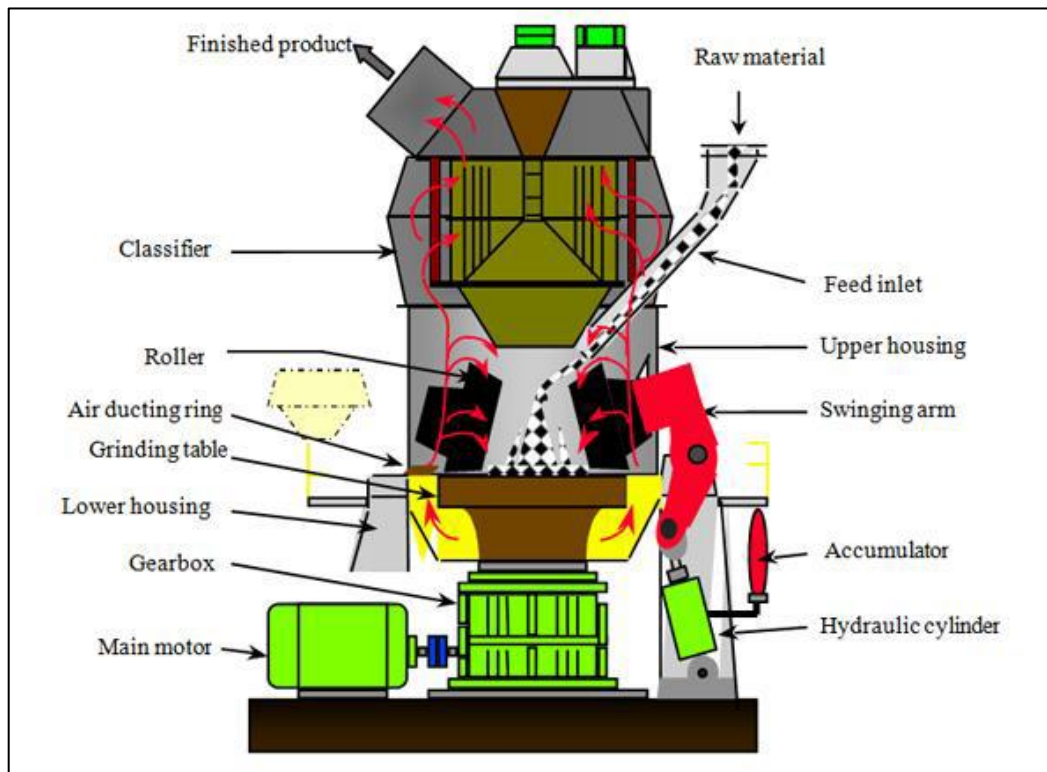
Raw Mill merupakan tahap awal dalam proses pembuatan semen di mana semua bahan baku disimpan dan digiling menjadi *raw mix*. Bahan baku utama dalam pembuatan semen adalah batu kapur (*Limestone*), yang komposisinya mencapai lebih dari 76% hingga 80%. Material bahan baku semen, yang meliputi *limestone*, batu silika (*Silica*), tanah liat (*Clay*), dan pasir besi (*Iron Sand*), disimpan dalam storage yang berbeda. Namun, untuk batu silika (*Silica*) dan pasir besi (*Iron Sand*), pada pabrik Indarung IV, keduanya diletakkan dalam storage yang sama.

Bahan-bahan baku tersebut diangkut menggunakan berbagai alat transportasi dan ditempatkan di atas *belt conveyor* yang terus bergerak. *Limestone* diangkut menggunakan *bridge scrapper*, *clay* menggunakan *bucket chain reclaimer*, sedangkan *silica* dan *iron sand* menggunakan *side reclaimer*. Semua bahan baku kemudian dibawa oleh *belt conveyor* ke *dosimat feeder*.

Dosimat feeder mengatur komposisi bahan baku yang diperlukan dalam proses berdasarkan jenis produksi semen yang akan dilakukan. Setiap jenis semen memiliki komposisi bahan baku yang berbeda. Bahan baku yang turun dari *dosimat feeder* masuk ke *belt conveyor*, bercampur, dan kemudian masuk ke *vertical mill* 18 melalui *sleeding inlet*. Di dalam *vertical mill*, bahan baku digiling menggunakan *grinding table* dan *roller*. *Grinding table* digerakkan oleh motor dan memutar material, sedangkan *roller* menggiling material akibat gaya putar dari *grinding table*.

Material *reject* yang terlempar dari *grinding table* disapu oleh *scraper*, kemudian dibawa oleh *belt conveyor* dan *bucket elevator* untuk diproses kembali ke dalam *vertical mill*. Di *tube mill*, material dimasukkan ke dalam tabung yang berputar, dan bola penumbuk bergerak karena gerakan tabung. Material kasar akan kembali ke *tube mill*, sementara yang sudah menjadi *raw mix* akan diproses lebih lanjut.

Proses terakhir di *raw mill* adalah penyimpanan *raw mix* di silo. *Raw mix* dipindahkan menggunakan *air slide*, kemudian dimasukkan ke dalam silo melalui bagian atas dengan bantuan *bucket elevator*.



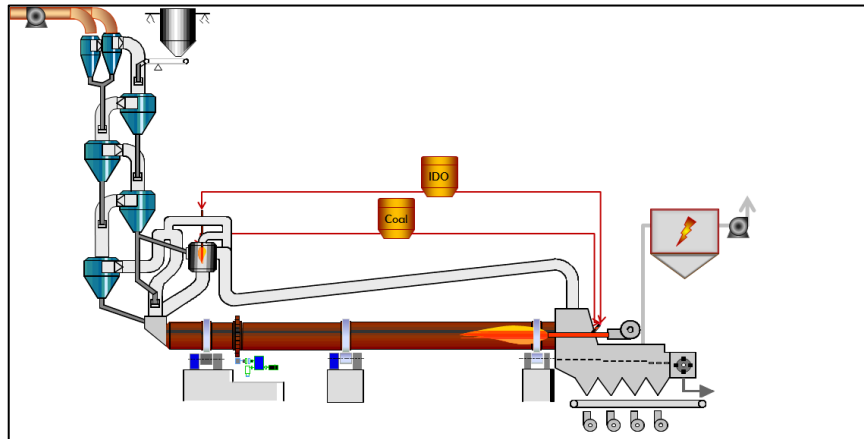
Gambar 2. 5 Proses Raw Mill
(Sumber : www.widyprmtsrblogspot.com)

B. Proses di Kiln

Raw Mix yang disimpan di silo *raw mix* diangkut menggunakan *elevator bucket* yang berbeda, lalu masuk ke *hopper* bertingkat yang disebut *cyclone*. Di dalam siklon, material berputar dan turun karena adanya gaya sentrifugal gas panas yang datang dari arah bawah, yang berasal dari *kiln*. Proses preheater terjadi pada *raw mix*, di mana temperaturnya semakin tinggi semakin ke bawah karena gas panas yang semakin dekat dengan *kiln*. Pada *cyclone*, terdapat *pneumatic valve* yang dapat mengatur *feed rate raw mix* jika proses pada *kiln* sebelumnya masih penuh.

Tujuan pemanasan awal *raw mix* sebelum memasuki *kiln* adalah untuk mengurangi beban pemanasan yang diterima oleh *kiln*. Tanpa proses *preheater*, waktu yang dibutuhkan agar material mencapai suhu yang diinginkan akan sangat lama.

Setelah melewati semua *hopper cyclone*, *raw mix* memasuki *kiln* yang berputar. *Kiln* cenderung sedikit *miring* agar material di dalamnya dapat mengalir dengan lancar, sementara putaran *kiln* memastikan pemanasan merata. Sumber panas untuk *kiln* berasal dari batubara yang telah dihaluskan di *Coal Mill*. Suhu dalam *kiln* dapat mencapai 1400°C.



Gambar 2. 6 Proses *Kiln Mill*
(Sumber : www.widyprmtsrblogspot.com)

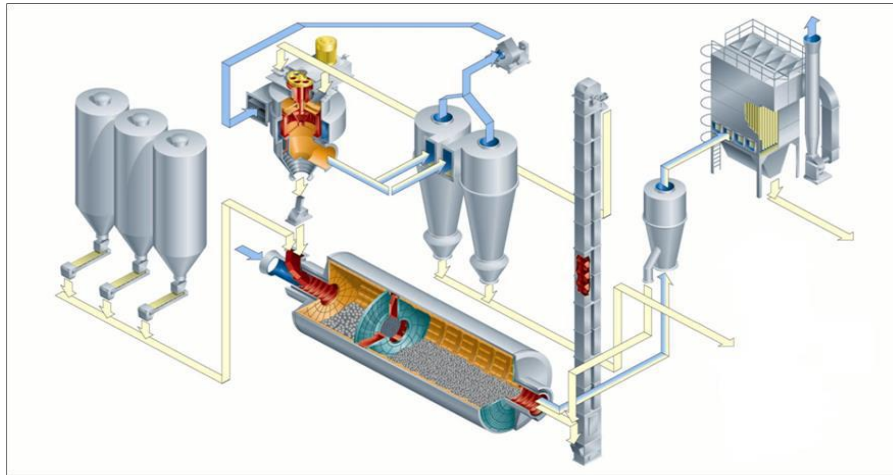
Setelah melewati *kiln*, *raw mix* akan berubah menjadi *clinker*, yang kemudian didinginkan dengan *grater cooler*. *Clinker* yang sudah didinginkan akan melalui 20 *crusher kilnker* untuk menghaluskannya agar mudah dipindahkan ke *intermediate silo*. Proses pemindahan *clinker* dilakukan menggunakan *elevator*.

C. Proses di *Cement Mill*

Setelah disimpan di domesilo, *clinker* dibawa dengan apron *conveyor* menuju *belt conveyor*. Dari *belt conveyor*, *clinker* dibawa ke *roller press*. *Roller press* berfungsi untuk membentuk mikroretakan pada *clinker* agar menjadi lembaran dan mempermudah proses penggilingan akhir di *Finish Mill*. *Roller press* terdiri dari dua jenis *roller*, yaitu *fixed roller* dan *floating roller*. Kedua *roller* ini bergerak secara berlawanan, dan *floating roller* juga bergerak translasi, yang dikendalikan oleh tenaga hidrolik.

Setelah melalui proses *pre-grinding* di *roller press*, *clinker* dimasukkan ke *cement mill* untuk dihaluskan dan dicampur dengan *gypsum*, *pozzolan*, dan *limestone* sebagai bahan tambahan. *Tube mill* di *Finish Mill* menggunakan bola

baja sebagai grinding media untuk menumbuk *clinker* dan bahan tambahan lainnya. Material hasil penggilingan dipisahkan antara yang halus dan kasar oleh separator. Material yang sudah halus diangkut oleh air slide menuju silo semen, yang siap untuk dikemas dan didistribusikan sebagai produk jadi.



Gambar 2. 7 Proses *Cement Mill*
(Sumber : www.widyprmts.blogspot.com)

2.6 Tempat dan waktu pelaksanaan kerja praktek

Tempat pelaksanaan kerja praktek: PT Semen Padang Kerja praktek ini dilaksanakan pada tanggal 15 juli 2024 s/d 06 September 2024 kegiatan kerja praktek ini dilakukan setiap hari kerja,yaitu setiap hari senin s/d jumat dimulai pukul 08.00 – 17.00 WIB.

BAB III

DESKRIPSI KEGIATAN SELAMA KERJA PRAKTEK

3.1 Spesifikasi kegiatan selama Kerja Praktek

Tabel 3. 1 Laporan Kerja Praktek Minggu ke I

| NO | HARI/TANGGAL | KEGIATAN HARIAN | LOKASI KEGIATAN |
|----|----------------------|---|------------------|
| 1 | Senin, 15 Juli 2024 | Pembekalan <i>safety induction</i> , pembagian <i>pembimbing & pengenalan</i> | Gedung serbaguna |
| 2 | Selasa, 16 Juli 2024 | Penggantian <i>pulley</i> dan <i>taper bush</i> pada <i>penggerak cooler fan</i> | Indarung V |
| 3 | Rabu, 17 Juli 2024 | Melakukan kegiatan rutin inspeksi <i>vibration</i> dan <i>thermal</i> | Indarung V |
| 4 | Kamis, 18 Juli 2024 | pengambilan data pada <i>gear box elevator 5W1U21</i> | Indarung V |
| 5 | Jumat, 19 Juli 2024 | Pengambilan data dengan menggunakan <i>metode vibration</i> dan <i>thermal</i> pada <i>boster fan</i> kode 5zIs13 | Indarung V |

Tabel 3. 2 Laporan Kerja Praktek Minggu ke II

| NO | HARI/TANGGAL | KEGIATAN HARIAN | LOKASI KEGIATAN |
|----|----------------------|--|-----------------|
| 1 | Senin, 22 Juli 2024 | Melakukan kegiatan inspeksi pengambilan data <i>vibration</i> pada lokasi <i>cemen mill</i> | Indarung V |
| 2 | Selasa, 23 Juli 2024 | Kegiatan inspeksi pengambilan data <i>vibration</i> dan <i>thermal</i> pada lokasi <i>Suspension Preheater</i> | Indarung V |
| 3 | Rabu, 24 Juli 2024 | kegiatan inspeksi pengambilan data <i>vibration</i> dan <i>thermal</i> pada lokasi <i>semen mill</i> | Indarung V |

| | | | |
|---|--------------------|--|------------|
| 4 | Kamis,25 Juli 2024 | Melakukan balancing pada unit <i>Cooler fan 5w1k26</i> | Indarung V |
| 5 | Jumat,26 Juli 2024 | pengambilan <i>data vibration</i> dan <i>thermal</i> . Pengambilan pada lokasi <i>storage Klay</i> | Indarung V |

Tabel 3. 3Laporan Kerja Praktek Minggu ke III

| NO | HARI/TANGGAL | KEGIATAN HARIAN | LOKASI KEGIATAN |
|----|----------------------|---|-----------------|
| 1 | Senin,29 Juli 2024 | Melakukan kegiatan <i>vibration</i> dan <i>thermal</i> pada lokasi <i>raw mill Indarung v</i> | Indarung V |
| 2 | Selasa,30 Juli 2024 | Pengambilan data <i>vibration</i> dan <i>thermal</i> di <i>cement mill Indarung v</i> | Indarung V |
| 3 | Rabu,31 Juli 2024 | Pengambilan data <i>vibration</i> dan <i>thermal cement mill</i> pada Elevatornya | Indarung V |
| 4 | Kamis,1 Agustus 2024 | melakukan <i>Mentenance system online</i> | Indarung V |
| 5 | Jumat,2 Agustus 2024 | melakukan <i>Mentenance system online</i> | Indarung V |

Tabel 3. 4Laporan Kerja Praktek Minggu ke IV

| NO | HARI/TANGGAL | KEGIATAN HARIAN | LOKASI KEGIATAN |
|----|----------------------|---|-----------------|
| 1 | Senin,5 Agustus 2024 | melakukan pengambilan data <i>vibration</i> dan <i>thermal</i> | Indarung V |
| 2 | Selasa,6Agustus 2024 | <i>Pengambilan data vibration</i> dan <i>thermal</i> pada <i>semen mill</i> | Indarung V |
| 3 | Rabu,7Agustus 2024 | Pengambilan data <i>vibration</i> dan <i>thermal</i> pada <i>cooler fan</i> | Indarung V |
| 4 | Kamis,8 Agustus 2024 | pengambilan data <i>vibration</i> dan <i>thermal</i> . pada lokasi <i>cooler fan</i> dan juga <i>ID fan</i> | Indarung V |

| | | | |
|---|---------------------|--|------------|
| 5 | Jumat,9Agustus 2024 | Melakukan perawatan pada bearing 1 <i>ID Fan</i> | Indarung V |
|---|---------------------|--|------------|

Tabel 3. 5Laporan Kerja Praktek Minggu ke V

| NO | HARI/TANGGAL | KEGIATAN HARIAN | LOKASI KEGIATAN |
|----|------------------------|---|-----------------|
| 1 | Senin,12 Agustus 2024 | Melakukan penggantian impeler pada <i>cooler fan 5W1K27</i> | Indarung V |
| 2 | Selasa,13 Agustus 2024 | Melakukan pembongkaran <i>cooler fan 5W1K17</i> untuk penggantian <i>cooler fan</i> | Indarung V |
| 3 | Rabu,14 Agustus 2024 | penggantian <i>bearing 2</i> pada <i>cooler fan 5W1K25</i> | Indarung V |
| 4 | Kamis,15 Agustus 2024 | Pengambilan data vibration di <i>cement mill</i> | Indarung V |
| 5 | Jumat,16 Agustus 2024 | Pemasangan <i>impeller</i> baru di <i>cooler fan 5w1k27</i> | Indarung V |

Tabel 3. 6Laporan Kerja Praktek Minggu ke VI

| NO | HARI/TANGGAL | KEGIATAN HARIAN | LOKASI KEGIATAN |
|----|------------------------|---|-----------------|
| 1 | Senin,19 Agustus 2024 | pengukuran <i>clearance</i> pada <i>bearing</i> di <i>cooler fan 5w1k26</i> | Indarung V |
| 2 | Selasa,20 Agustus 2024 | Pengambilan oli pada <i>Area Raw Mill</i> | Indarung V |
| 3 | Rabu,21 Agustus 2024 | saya fokus mengerjakan laporan | Indarung V |
| 4 | Kamis,22 Agustus 2024 | Pengecekan <i>Gear Box</i> Pada <i>Fan Electrostatic Precipitator</i> | Indarung V |
| 5 | Jumat,23 Agustus 2024 | Mengerjakan Laporan | Indarung V |

Tabel 3. 7Laporan Kerja Praktek Minggu ke VII

| NO | HARI/TANGGAL | KEGIATAN HARIAN | LOKASI KEGIATAN |
|----|------------------------|--------------------------------|-----------------|
| 1 | Senin,26 Agustus 2024 | Mengerjakan Laporan | Indarung V |
| 2 | Selasa,27 Agustus 2024 | Mengerjakan Laporan | Indarung V |
| 3 | Rabu,28 Agustus 2022 | Mengerjakan Laporan | Indarung V |
| 4 | Kamis,29 Agustus 2024 | Mengerjakan Laporan | Indarung V |
| 5 | Jumat,30 Agustus 2024 | Presentasi hasil kerja praktek | Kantor UMR |

Tabel 3. 8Laporan Kerja Praktek Minggu ke VIII

| NO | HARI/TANGGAL | KEGIATAN HARIAN | LOKASI KEGIATAN |
|----|-----------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Senin,2 Agustus 2024 | <i>OFF</i> | - |
| 2 | Selasa, 3Agustus 2024 | <i>OFF</i> | - |
| 3 | Rabu, 4Agustus 2024 | <i>OFF</i> | - |
| 4 | Kamis, 5Agustus 2024 | <i>OFF</i> | - |
| 5 | Jumat, 6Agustus 2024 | <i>OFF</i> | - |

3.2 Target yang diharapkan

Dalam pelaksanaan kerja praktek yang dilakukan di *Unit Maintenance Reliability* yang terhitung sejak 15 juli 2024 s/d 06 september 2024, terdapat beberapa target yang ingin dicapai,diantaranya :

1. Memahami dunia kerja dibidang teknik mesin
2. Menambah wawasan dan ilmu pengetahuan tentang dunia kerja dan pemanfaatan ilmu teknik mesin di perusahaan
3. Mampu mengaplikasikan ilmu yang didapat di bangku perkuliahan di tempat KP
4. Memahami setiap yang dilaksanakan bersama mentor

3.3 Alat pelindung diri yang digunakan

Alat pelindung diri yang digunakan dalam pelaksanaan kegiatan di PT.Semen Padang selama kerja praktek diantaranya:

1. Safety halmet

Safety halmet berfungsi sebagai pelindung kepala dari benda yang bias mengenai kepala secara langsung (Zaelani et al., 2022).



Gambar3. 1 *safety halmet*
(Sumber : Dokumen Pribadi)

2. Kaca mata safety

Kaca mata safety berfungsi melindungi area mata dari benda benda kecil yang berbahaya saat melakukan kerja.



Gambar3. 2 Kaca mata *safety*
(Sumber : Dokumen Pribadi)

3. Masker safety

Masker safety berfungsi melindungi kita dari debu saat melakukan kerja



Gambar3. 3 Masker *safety*
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

4. *Wearpack*

Melindungi tubuh dari hal yang dapat membahayakan atau mengakibatkan kecelakaan kerja



Gambar3. 4 *Wearpack*
(Sumber : Dokumen Pribadi)

5. *Safety shoes*

Safety shoes berfungsi untuk mencegah kecelakaan fatal yang menimpah kaki kerana benda tajam, berat, panas dan sebagainya



Gambar3. 5 *Safety shoes*
(Sumber : Dokumen Pribadi)

6. Sarung tangan

Berfungsi sebagai alat pelindung tangan saat kerja ditempat atau situasi yang dapat mengakibatkan kecelakaan pada tangan. Bahan dan bentuk sarung tangan disesuaikan dengan fungsi pekerjaan masing masing



Gambar3. 6 *Sarung tangan*
(Sumber : Dokumen Pribadi)

3.4 Perangkat lunak/ keras yang digunakan

Ada pun perangkat lunak dan perangkat keras yang di gunakan untuk membantu mengelola dan menganalisis data antara lain.

1. Microsoft excel

Excel digunakan untuk analisis data vibrasi yang sederhana. Seperti membuat pivot table yang dapat membantu, menganalisis data, menghitung nilai rata-rata, dan standar deviasi



Gambar3. 7 *Microsoft excel*
(Sumber : [www. Microsoft excel.com](http://www.Microsoft excel.com))

2. Omnitrend

Omnitrend adalah sebuah perangkat lunak yang dirancang khusus untuk mengolah, menganalisis, dan memvisualisasikan data vibrasi. Data vibrasi yang diperoleh dari alat pengukur vibrasi seperti VibXpert kemudian diimpor ke dalam Omnitrend untuk dilakukan berbagai analisis lebih lanjut



Gambar3. 8 Omnitrend
(Sumber : www.Omnitrend.com)

3. Komputer

Komputer berfungsi sebagai pusat pengolahan data. Data vibrasi yang diperoleh dari sensor akan diproses oleh komputer menggunakan perangkat lunak analisis vibrasi.



Gambar3. 9 *Komputer*
(Sumber : [www. Blogspot. com](http://www.Blogspot.com))

4. Vibxpert

VibExpert adalah perangkat lunak khusus untuk analisis vibrasi. Perangkat lunak ini dirancang untuk mengolah data vibrasi yang diperoleh dari sensor, melakukan analisis spektrum, order tracking, dan menghasilkan laporan. Perangkat ini berguna untuk analisis mendalam data vibrasi, seperti mendeteksi kerusakan dini pada mesin, menganalisis ketidakseimbangan, misalignment, dan masalah lainnya.



Gambar3. 10 *Vibxpert*
(Sumber : Dokumen pribadi)

5. Thermal Imager

Thermal Imager adalah kamera inframerah yang digunakan untuk mendeteksi panas. Meskipun secara langsung tidak digunakan untuk analisis vibrasi, thermal Imager dapat memberikan informasi tambahan yang berguna dalam diagnosis masalah mesin. Misalnya, jika ada komponen mesin yang mengalami overheating, ini bisa menjadi indikasi adanya masalah mekanis yang juga dapat menyebabkan peningkatan vibrasi.



Gambar3. 11 *Thermal Imager*
(Sumber : Dokumen pribadi)

3.5 Data data yang di perlukan

1. Observasi

Merupakan metode pengumpulan data yang kompleks karena melibatkan berbagai faktor dalam pelaksanaannya. Metode observasi dilakukan dengan cara mengamati langsung terhadap semua kegiatan yang berlangsung, baik melalui praktek dilapangan maupun dengan memperhatikan teknisi yang sedang bekerja.

2. *Interview*

Merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan melalui tatap muka dan tanya jawab secara langsung baik dengan supervisor maupun dengan teknisi yang ada di ruang lingkup industri/perusahaan.

3. Studi Perpustakaan

Studi Perpustakaan adalah metode pengumpulan data yang tidak ditujukan langsung kepada subjek penelitian. Merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan dengan cara membaca dan mempelajari literatur–literatur yang berhubungan dengan proses dan cara kerja, juga catatan–catatan yang didapatkan di bangku kuliah.

3.6 Dokumen file-file yang dihasilkan

Selama kegiatan kerja praktek berlangsung di PT. Semen Padang perusahaan memberikan beberapa dokumen file yang dapat diakses oleh mahasiswa seperti:

Struktur organisasi PT Semen Padang, visi misi perusahaan, dan Gambaran umum pembuatan semen. Pihak perusahaan juga memiliki dokumen rahasia yang tidak dapat diakses oleh pekerja/mahasiswa, karena dokumen dan file itu merupakan rahasia perusahaan.

3.7 Kendala yang dihadapi dalam menyelesaikan tugas

Adapun kendala-kendala yang dihadapi dalam pembuatan dan penyelesaian tugas praktek ini yaitu:

1. Kurang pengetahuan tentang penyusunan laporan kerja praktek yaitu dari segi Bahasa, tata tulis, paragraf dan lampiran yang diperlukan dalam pembuatan
2. Terbatasnya waktu kerja praktek sehingga saat pengumpulan data untuk penyelesaian laporan tidak semua didapati dari perusahaan tempat kerja praktek

3.8 Hal yang perlu

Dalam proses penyelesaian laporan kerja praktek ini, ada beberapa hal yang dianggap perlu diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Kemampuan diri untuk beradaptasi dengan baik
2. Kemampuan menganalisis tugas yang diberikan
3. Mempelajari teknologi terbaru untuk menyelesaikan projek

BAB IV

ANALYSIS VIBRATION DAN PERBAIKAN PADA COOLER FAN 5W1K26

4.1 *Vibration (getaran)*

Vibrasi adalah gerak bolak balik objek dari titik kesetimbangannya dalam satu periode waktu tertentu. Tiap objek yang memiliki massa dan elastisitas pasti mengalami vibrasi termasuk di antaranya adalah mesin. Alat pengukuran getaran yang di miliki oleh seksi Inspeksi Pemeliharaan Indarung v menggunakan Vibxpert.



Gambar 4. 1 *Vibxpert*
(Sumber : Dokumen pribadi)

VibXpert, merupakan merek alat pengukur getaran yang cukup populer. VibXpert biasanya digunakan untuk melakukan analisis getaran pada mesin dan peralatan industri untuk mendeteksi masalah seperti ketidakseimbangan, aus, atau kebisingan yang tidak normal.

4.2 *Temperature (suhu)*

Adapun alat tambahan dalam laporan kerja praktek ini menggunakan alat ukur Temperature, Temperature adalah ukuran seberapa panas atau sejuknya suatu benda. Ini menggambarkan energi kinetik molekul dalam benda tersebut. Biasanya

di ukur dalam derajat *celcius* atau *fhrenheit*.



Gambar 4. 2 *Thermal flir*
(Sumber : Dokumen pribadi)

Thermal Imager adalah perangkat yang dapat mendeteksi dan mengukur radiasi inframerah yang dipancarkan oleh objek. Perangkat ini biasa digunakan di berbagai bidang seperti keamanan, pengawasan, pemadaman kebakaran, serta operasi pencarian dan penyelamatan. Mereka dapat mendeteksi tanda-tanda panas dan memberikan informasi berharga dalam kondisi cahaya redup atau tanpa cahaya.

4.3 Manfaat dan Tujuan melakukan pengukuran *Vibration* dan *Temperature*

4.3.1 Manfaat

- a. Untuk mendeteksi kerusakan dini supaya dapat melakukan tindakan perbaikan sebelum terjadi kerusakan yang lebih parah
- b. Untuk memantau kondisi mesin secara keseluruhan, apakah kinerja mesin masih dalam batas yang dapat diterima atau sudah mulai menurun.
- c. Untuk melindungi aset perusahaan dari kerusakan yang tidak terduga.

4.3.2 Tujuan

- a. untuk meningkatkan keandalan dan jangka umur pakai mesin
- b. Dengan melakukan pengukuran vibrasi, kita dapat mencegah terjadinya kecelakaan kerja.

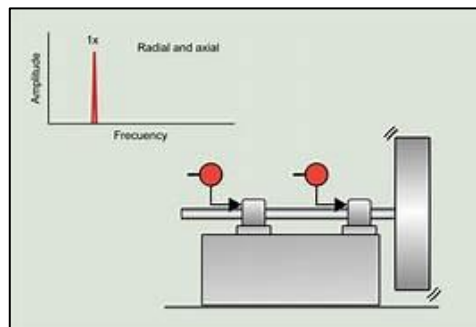
- c. Agar Dapat merencanakan pemeliharaan secara lebih efektif dan efisien

4.4 Penyebab Terjadinya *Vibration*

1. unbalance (ketidak seimbangan)

Unbalance adalah kondisi dimana pusat massa tidak sesumbu dengan sumbu rotasi, berikut penyebab terjadinya unbalance :

- a. Kesalahan saat proses pemesinan dan assembly
- b. Eksentrisitas komponen
- c. Adanya kotoran saat proses pengecoran
- d. Korosi dan keausan
- e. Distorsi geometri karena beban termal dan beban mekanik
- f. Penumpukkan material, misalnya debu pada blade impeler



Gambar 4. 3 *Unbalance* (ketidak seimbangan)
(Sumber : www.coursehero.com)

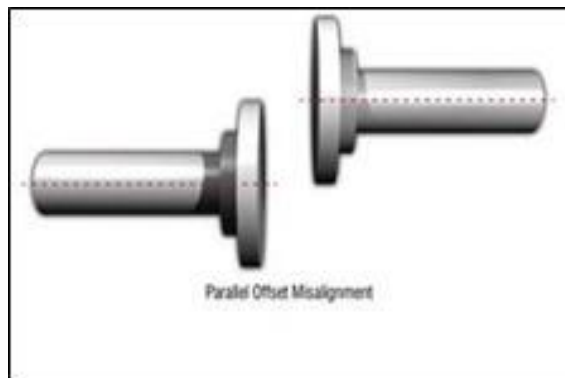
2. *Misalignment* (ketidak sejajaran)

Misalignment adalah masalah yang umum ditemukan dan penyebab kerusakan paling besar. Seperti : bearing failure, damage seals, shaft and coupling. Misalignment akan menambah beban sehingga akan meningkatkan stress dan gaya pada bearing meningkat yang mengakibatkan umur bearing berkurang.

Shaft dibilang misalignment ketika garis putarannya tidak segaris dengan titik putar mesin lain yang di couple. Misalignment akan muncul dan terdeteksi dominan di 1x dan 2x rpm pada spectrum chart.misalignment yang banyak di jumpai :

a. Parallel Misalignment

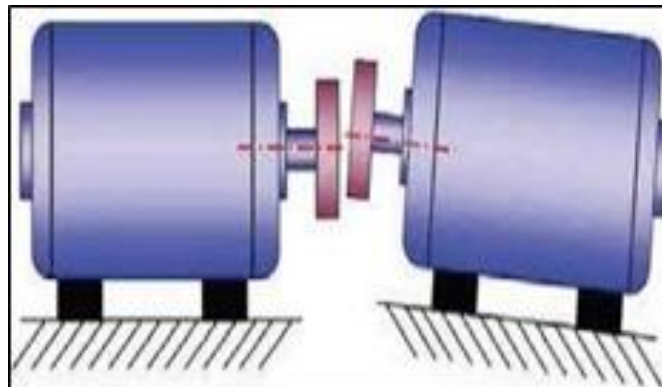
Parallel misalignment adalah Ketidaksejajaran paralel mengacu pada situasi di mana dua poros atau komponen tidak sejajar dengan benar di sepanjang sumbunya, menyebabkan keduanya sejajar tetapi tidak sejajar sempurna. Ketidaksielarasan ini dapat menyebabkan peningkatan keausan, penurunan efisiensi, dan potensi kerusakan pada mesin seiring berjalannya waktu. Sangat penting untuk segera mengatasi ketidaksejajaran paralel melalui prosedur penyetaraan untuk memastikan kinerja optimal dan umur panjang peralatan.



Gambar 4. 4 *Paraller Misalignment*
(Sumber : www.coursehero.com)

b. Angular Misalignment

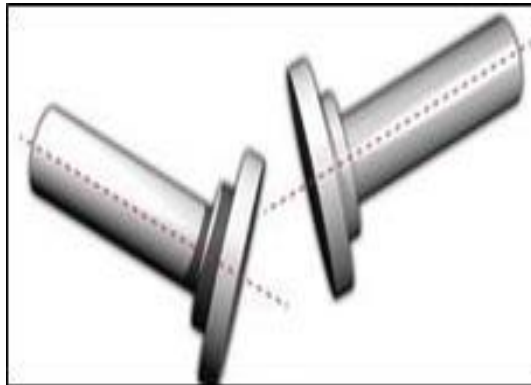
Ketidaksielarasan sudut biasanya mengacu pada penyimpangan dari keselarasan sempurna atau orientasi antara dua objek atau komponen sepanjang sumbu sudut. Dalam sistem mekanis, hal ini dapat menyebabkan inefisiensi, peningkatan keausan, atau bahkan kegagalan jika tidak diperbaiki.



Gambar 4. 5 *Angular Misalignment*
(Sumber : www.coursehero.com.)

c. Combined Misalignment

Misalignment gabungan terjadi ketika misalignment muncul dalam beberapa arah secara bersamaan, seperti misalignment sudut dan paralel dalam sistem mekanis.



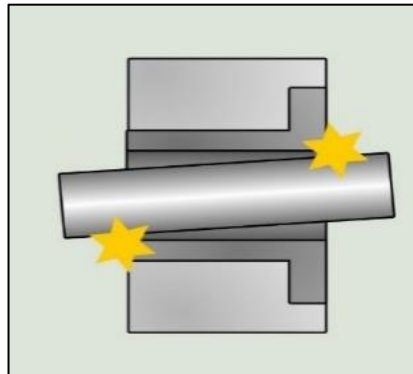
Gambar 4. 6 *Combined Misalignment*
(Sumber : www.coursehero.com)

d. Looseness

Kelonggaran biasanya mengacu pada permainan atau pergerakan berlebih dalam sistem mekanis yang idealnya harus kaku. Hal ini dapat disebabkan oleh keausan, perakitan yang tidak tepat, atau pengencangan pengencang yang tidak memadai. Mengatasi kelonggaran sangat penting untuk mencegah kegagalan komponen, kehilangan presisi, atau bahaya keselamatan pada mesin.

Kelonggaran merupakan hasil dari kedudukan mesin, fondasi, baut, atau pelat alas yang longgar atau terdistorsi. Kondisi ini biasanya tidak seperti misalignment atau unbalance yang memiliki frekuensi karakteristik yang jelas, frekuensi vibrasi akibat looseness cenderung lebih bervariasi dan kompleks. Data Spektrum vibrasi akan menunjukkan banyak puncak frekuensi yang tidak teratur dan sulit

diidentifikasi.

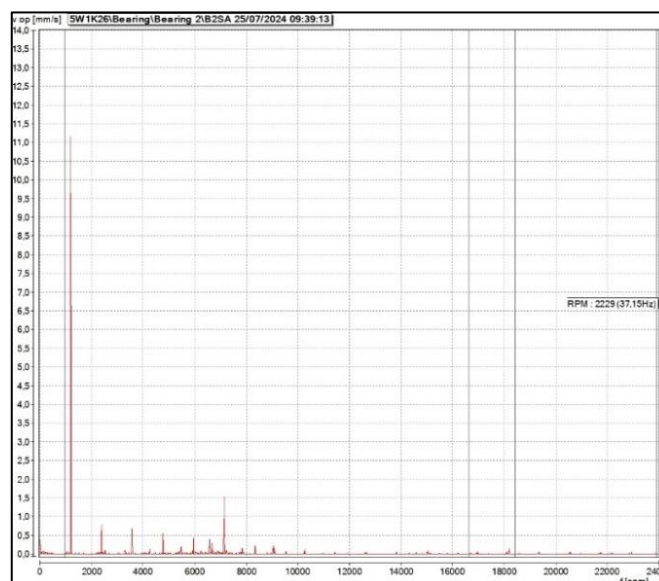


Gambar 4. 7 *Looseness*
(Sumber : [www. power-mi.com.](http://www.power-mi.com))

e. Resonansi

Resonansi adalah instalasi suatu mesin biasanya terdiri dari rangka, pipa, duct, dan sebagainya, dimana komponen-komponen tersebut mempunyai frekuensi diri (natural frequency), yang didesain besarnya tidak boleh ada yang sama dengan putaran mesin. Jika salah satu atau beberapa komponen yang ada pada mesin itu mempunyai frekuensi diri yang sama besar dengan putaran mesin, maka vibrasi akan menjadi tinggi.

4.5 Data Spektrum dan Frekuensi



Gambar 4. 8 *spectrum*
(Sumber : PT. Semen Padang)

a. Data spektrum

Data spektrum vibrasi merujuk pada pola atau distribusi frekuensi getaran yang diamati dalam sistem fisik atau objek tertentu. Ini sering digunakan dalam berbagai bidang seperti ilmu material, ilmu fisika, dan teknik untuk menganalisis struktur dan sifat material.

b. Data frekuensi

Frekuensi vibrasi merujuk pada jumlah siklus per satuan waktu dari gerakan berulang suatu objek atau sistem. Ini adalah ukuran dari seberapa cepat atau lambat objek bergetar. Frekuensi diukur dalam hertz (Hz), di mana 1 Hz setara dengan satu siklus per detik. Frekuensi vibrasi dapat bervariasi tergantung pada sifat material dan kondisi lingkungan

4.6 *Fan*

Fan dalam garis besar adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan aliran udara dengan tujuan memberikan pendinginan. *Fan* dapat ditemukan dalam berbagai bentuk dan ukuran mulai dari kipas dinding, dalam berbagai perangkat elektronik, bahkan dalam dunia baprik. *Fan* berfungsi untuk membantu mendinginkan komponen yang dimana mencegah *overheating*. *Fan* bekerja dengan memutar bilah-bilah yang menggerakkan udara, sehingga menciptakan aliran udara yang dapat memberikan efek pendinginan pada lingkungan sekitarnya atau pada perangkat yang sedang didinginkan.



Gambar 4. 9 *Fan*
(Sumber : Dokumen pribadi)

Fan biasanya diklasifikasikan menjadi 2, yaitu *Fan Aksial* dan *Fan Sentrifugal*. Pada *Fan Aksial* udara atau gas mengalir sejajar dengan sumbu putar, sedangkan pada *Fan Sentrifugal* udara atau gas mengalir tegak lurus dengan sumbu putar. *Fan Aksial* biasanya digunakan untuk aplikasi dengan tahanan rendah karena kemampuannya untuk memindahkan udara dengan jumlah yang besar pada tekanan yang rendah.

1. Axial Fan

Kipas Axial memiliki desain yang sederhana, dengan bilah kipas yang sejajar dengan sumbu putar. Udara mengalir sejajar dengan sumbu kipas. Kipas ini cocok untuk aplikasi yang membutuhkan aliran udara tinggi dengan tekanan statis rendah.



Gambar 4. 10 *Axial Fan*
(Sumber : Dokumen pribadi)

2. Centrifugal Fan

Kipas Sentrifugal memiliki desain yang lebih kompleks, dengan bilah kipas yang melengkung ke belakang atau ke depan. Udara masuk melalui bagian tengah kipas dan dilemparkan ke arah radial. Kipas ini mampu menghasilkan tekanan statis yang lebih tinggi dibandingkan kipas axial, sehingga cocok untuk aplikasi yang membutuhkan aliran udara melawan resistansi yang lebih besar



Gambar 4. 11 *Centrifugal Fan*
(Sumber : Dokumen pribadi)

- a. *Fan Centrifugal Backward Curved*: Bilah kipas melengkung ke belakang. Cocok untuk aplikasi dengan aliran udara yang relatif bersih, seperti sistem HVAC.



Gambar 4. 12 *Fan Centrifugal Backward Curved*
(Sumber : www.coursehero.com)

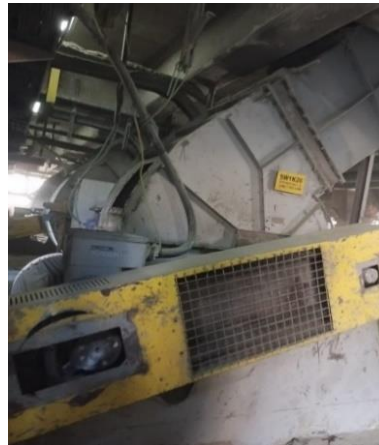
- b. *Fan Centrifugal Forward Curved*: Bilah kipas melengkung ke depan. Cocok dengan aliran udara yang mengandung partikel debu atau kotoran



Gambar 4. 13 *Fan Centrifugal Forward Curve*
(Sumber : www.coursehero.com)

4.7 *Cooler Fan*

Pada kesempatan kali ini kita akan membahas *Cooler Fan* yang merupakan salah satu jenis *Fan Centrifugal*. *Cooler Fan* berperan penting dalam proses produksi semen di PT Semen Padang Indarung V Secara spesifik, *Cooler Fan* berfungsi untuk mendinginkan Klinker secara efektif setelah melewati proses pembakaran suhu tinggi di dalam kiln sehingga Klinker berada dalam kondisi yang sangat panas, *Cooler Fan* bertugas untuk meniupkan udara dingin secara terus menerus ke tumpukan Klinker yang sedang bergerak, Proses ini menyebabkan terjadinya perpindahan kalor dari Klinker ke udara sehingga mengakibatkan penurunan suhu Klinker secara signifikan



Gambar 4. 14 *Cooler Fan*
(Sumber : Dokumen pribadi)

4.8 **Komponen – komponen *Cooler Fan***

1. Motor

Motor adalah seperangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi mekanik. Motor Penggerak merupakan komponen utama sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan. Putaran dari motor listrik diteruskan ke Pully lalu ke *Shaft* pada *Impeler*



Gambar 4. 15 *Motor*
(Sumber : Dokumen pribadi)

2. *Bearing 1 dan Bearing 2*

Bearing adalah komponen mekanis yang digunakan untuk mengurangi gesekan antara dua bagian yang bergerak relatif satu sama lain. Fungsi utamanya adalah untuk mendukung beban dan memungkinkan pergerakan yang lancar serta stabil. *Bearing* yang digunakan pada *shaft impeler 5w1k26* memiliki kode 22220-E1-XL-K pada komponen *Bearing* ini ada beberapa komponen pendukung seperti *Bearing Housing* dan *Adapter Bearing*



Gambar 4. 16 *Bearing*
(Sumber : PT. Semen Padang)

Housing bearing atau rumah bantalan adalah berfungsi sebagai tempat atau wadah untuk meletakkan bantalan (*bearing*). Bantalan sendiri adalah komponen yang memungkinkan pergerakan relatif antara dua bagian yang saling bersentuhan,

sambil mengurangi gesekan dan keausan, selain itu fungsi dari *housing* adalah Menopang Bantalan, Melindungi Bantalan



Gambar 4. 17 *Housing bearing*
(Sumber : PT. Semen Padang)

Sedangkan *adapter bearing* berfungsi sebagai penghubung antara bantalan dengan poros. Komponen ini memungkinkan pemasangan bantalan dengan lubang kerucut pada poros silinder.

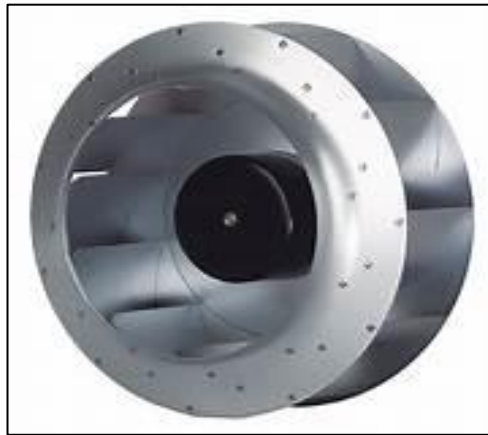


Gambar 4. 18 *Adapter bearing*
(Sumber : PT. Semen Padang)

3. *Impeller*

Impeller adalah bagian penting dalam *cooler fan* yang dimana *impeller* bekerja dengan cara mengubah energi mekanik dari motor menjadi energi kinetik, yang kemudian digunakan untuk menggerakkan udara dari satu tempat ke tempat lain dengan aliran udara yang kontinu untuk proses pendinginan yang efektif untuk

mendinginkan klinker.



Gambar 4. 19 *Impeller*
(Sumber : PT. Semen Padang)

4. *Shaft*

Shaft Impeller berfungsi sebagai penggerak utama dalam mesin atau peralatan yang menggunakan *Impeller*, seperti pompa atau kincir angin. Ini adalah bagian yang menghubungkan motor penggerak dengan *Impeller* itu sendiri, sehingga ketika motor berputar, *Shaft Impeller* akan mentransfer energi putar ke *Impeller*, yang kemudian menghasilkan aliran fluida atau udara yang diinginkan.



Gambar 4. 20 *Shaft*
(Sumber : PT. Semen Padang)

5. *Belt*

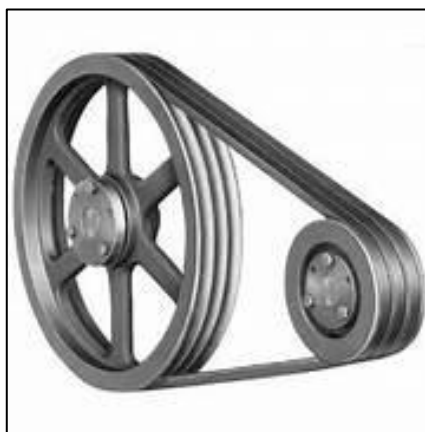
Belt berfungsi sebagai media untuk memindahkan daya mekanik dari motor ke impeller. Ketika motor berputar, maka *pully* pada motor dan pada *shaft* Impeler ikut berputar karena adanya kaitan yang di sebabkan oleh *Belt* tersebut yang menghasilkan aliran udara .



Gambar 4. 21 *Belt*
(Sumber : PT. Semen Padang)

6. *Pulley Motor Dan Pulley Impeller*

Pulley Motor dan *Pulley Impeller* merupakan komponen penting dalam sistem transmisi daya pada *Cooler Fan* Klin. Keduanya bekerja sama untuk mengubah putaran motor menjadi putaran yang sesuai untuk menggerakkan *Impeller Fan*.



Gambar 4. 22 *pulley*
(Sumber : PT. Semen Padang)

7. *Ducting*

Ducting adalah komponen penting dalam sistem *Cooler Fan*. Fungsinya adalah sebagai saluran yang membawa udara yang di hasilkan *Impeller* untuk mendinginkan Klinker, *Duct* seperti yang di junjukkan pada gambar di atas



Gambar 4. 23 *Duct*
(Sumber : Dokumen pribadi)

8. *Inlet Duct*

Inlet Duct pada *Cooler Fan* adalah saluran yang berfungsi sebagai pintu masuk udara dari lingkungan sekitar menuju ke dalam *Duct* yang di hisap oleh *Impeller* yang akan dikeluarkan ke *Coolen* melalui *Outlet Duct*.



Gambar 4. 24 *Inlet duc*
(Sumber : Dokumen pribadi)

9. Outlet duct

Outlet Duct adalah bagian dari *Cooler Fan* yang berfungsi sebagai saluran keluar udara .yang telah di hisap oleh Impeller melalui *Inlet Duct*



Gambar 4. 25 *Outlet duct*
(Sumber : Dokumen pribadi)

4.9 Analisis vibrasi pada cooler fan 5W1K26

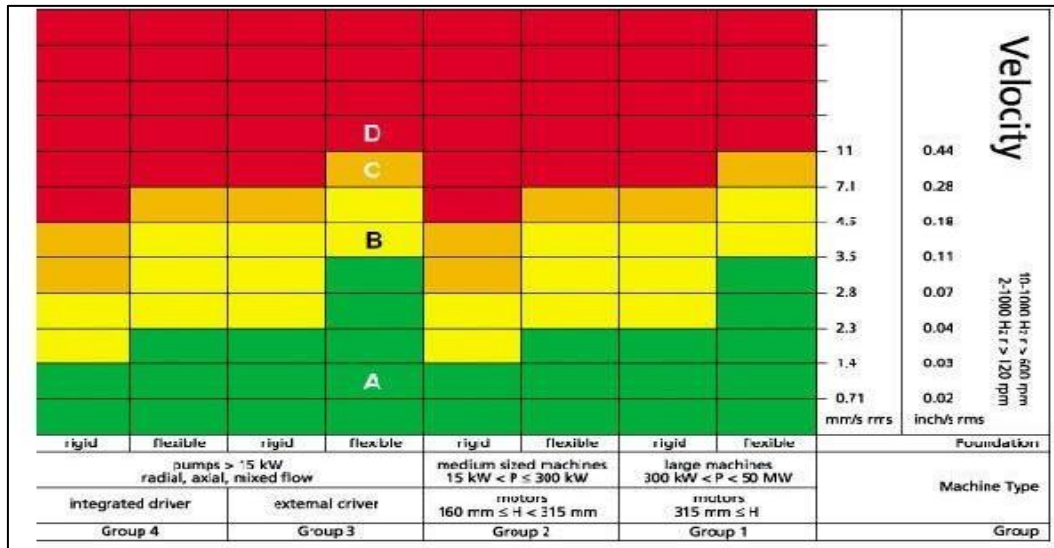
Permasalahan pada *Cooler Fan* 5W1K26 diduga karena adanya Vibrasi tinggi arah Vertikal (Status Alarm) di karenakan terjadinya Unbalance pada Impeller Fan. Pabrik Indarung V PT.Semen Padang

1. Data Pengukuran *Vibrasi Cooler FAN* (5W1K26) Sebelum perbaikan

| 5W1K26 | 25-Jul-24 | Vibrasi (mm/s) | DE | NDE | B1 | B2 | K. Power (°C) | B. Motor (°C) | | |
|--------|-----------|----------------|-------|-------|-------|-------|---------------|---------------|--|--|
| | | V | 2,24 | 2,49 | 1,87 | 9,40 | | | | |
| | | H | 2,62 | 2,37 | 2,94 | 5,26 | | | | |
| | | A | 1,27 | 1,10 | 3,50 | 3,37 | | | | |
| | | TEMP (°C) | 34,20 | 34,70 | 59,00 | 62,00 | 36,20 | 35,60 | | |

Gambar 4. 26 *Data vibrasi sebelum perbaikan*
(Sumber : PT. Semen Padang)

Data hasil pengukuran vibrasi pada gambar tabel 4.26 diambil pada tanggal 25 juli 2024



Gambar 4. 27 Standar ISO 10816 - 3
(Sumber : PT. Semen Padang)

Dari tabel 4.26 hasil pengukuran Vibrasi Cooler Fan 5W1K26 yang diambil sebelum stop didapatkan status peralatan Alarm (arah vertikal) berdasarkan Standar ISO 10816-3.

2. Data Spectrum Sebelum balance



Gambar 4. 28 Data Spectrum Sebelum balance
(Sumber : PT. Semen Padang)

Dilihat dari data Spectrum pada tabel 5.3 kemungkinan terjadinya *Unbalance* pada Impeller Fan karena Vibrasi muncul di 1 x rpm Fan pada Frekuensi 37.15 HZ.

Ket : - n = 2029 rpm

- t = 60 s

$f = n:t = 2029 : 60 = 37.15 \text{ HZ}$

3. Penyebab *Vibrasi* Tinggi Pada *Cooler Fan 5W1K26*

Penyebab *Vibrasi* tinggi pada *Cooler Fan 5W1K26* disebabkan oleh adanya *Unbalance* pada Impellernya. Kemudian setelah di lakukan cek Visual pada Impeller *Cooler Fan* tersebut di temukan penipisan pada Bladenya yang tidak terlalu parah yang disebabkan oleh material yang kehisap masuk kedalam *Housing* yang mengakibatkan Abrasi seperti pada gambar di bawah.



Gambar 4. 29 yang dipenyebab Abrasi
(Sumber : Dokumen pribadi)

4. Tindakan yang dilakukan pada *Cooler Fan*

Karena posisi impeller yang masih bisa di gunakan maka rekomendasi per baikkan untuk pencegahan tersebut perlu melakukan balancing. Balancing adalah proses penyesuaian kembali titik berat massa ke titik sumbu dengan cara

penambahan massa. Proses balancing dilakukan dengan bantuan alat vibxpert.

Langkah – langkah dalam balancing sebagai berikut :

- a. Pemberian nomor pada setiap blade yang ada pada impeller.



Gambar 4. 30 Pemberian nomor pada *blade*
(Sumber : Dokumen pribadi)

- b. Pada bagian poros di lekatkan lakban hitam dan satu lakban putih sebagai titik acuan putaran.



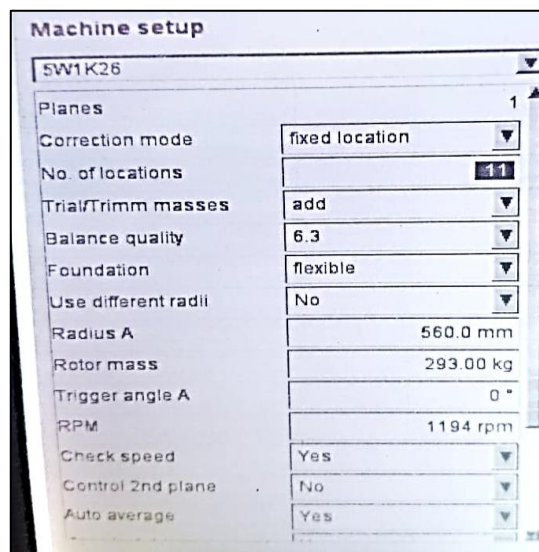
Gambar 4. 31 Pemberian lakban hitam pada poros
(Sumber : Dokumen pribadi)

- c. Sensor *Balance* diletakkan di depan poros yang sudah diberi tanda dan sensor vibrasi di letakkan pada bearing 2 vertikal (pada bagian yang mempunyai frekuensi tinggi) .



Gambar 4. 32 peletakan sensor di depan poros
(Sumber : Dokumen pribadi)

- d. Masukkan data motor dan Data Impeller pada Vibxpert, kemudian pilih menu Balancing.



Gambar 4. 33 data impeller pada vibxpert
(Sumber : Dokumen pribadi)

- e. Ketika motor berputar, sensor akan mendeteksi putaran poros dan Vibrasi.



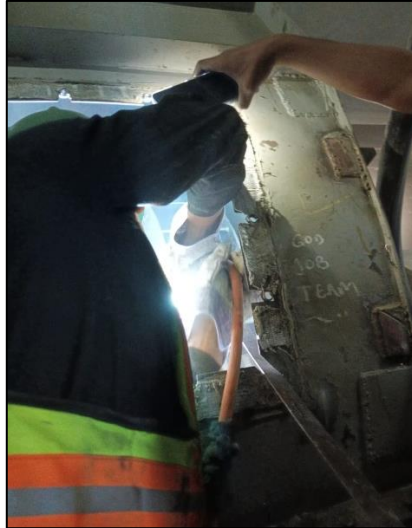
Gambar 4. 34 proses melakukan *balancing*
(Sumber : Dokumen pribadi)

- f. Pada Vibxpert akan terlihat berapa penambahan massa dan pada *Blade* nomor berapa yang perlu penambahan Massa.setelah itu dilakukanlah penimbangan pada plat yang akan di tempel pada *Blade*



Gambar 4. 35 proses penimbangan plat
(Sumber : Dokumen pribadi)

- g. Setelah itu dilakukanlah Penambahan Massa dengan pengelasan Plat pada Blade.

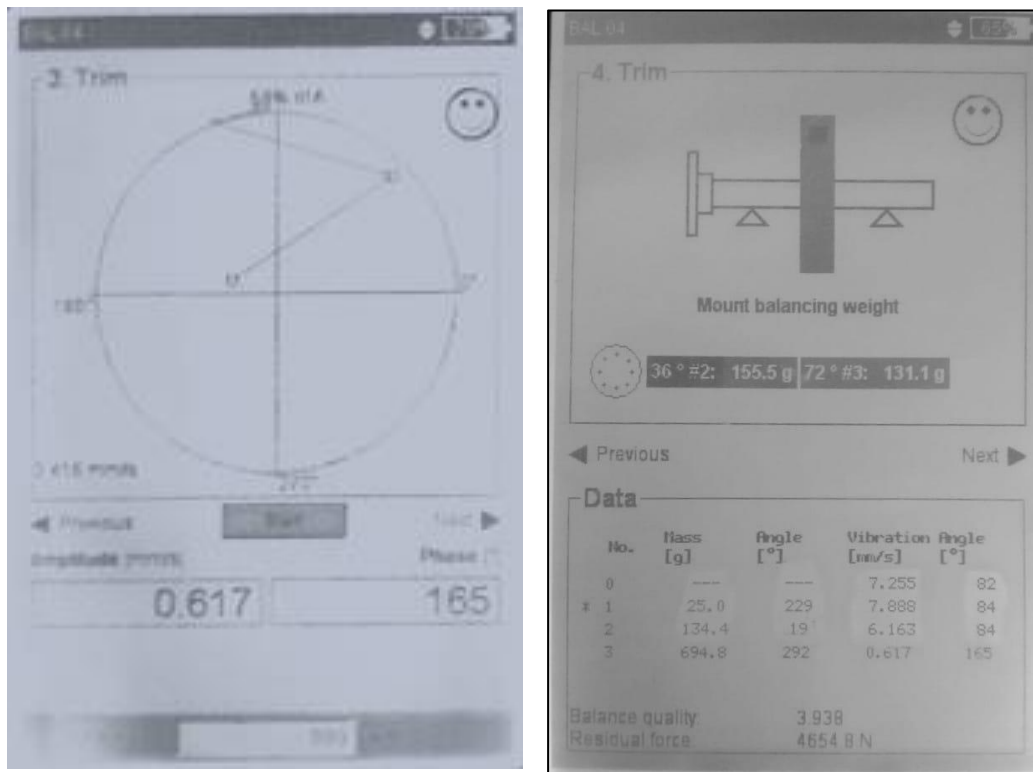


Gambar 4. 36 proses pengelasan plat pada *blade impeler*
(Sumber : Dokumen pribadi)

- h. Proses dilakukan berulang hingga nilai Amplitude Vibrasi dalam level normal.



Gambar 4. 37 proses *trial* dan penambahan 1
(Sumber : Dokumen pribadi)



Gambar 4. 38 proses penambahan 2 dan 3 Proses *balancing*
(Sumber : Dokumen pribadi)

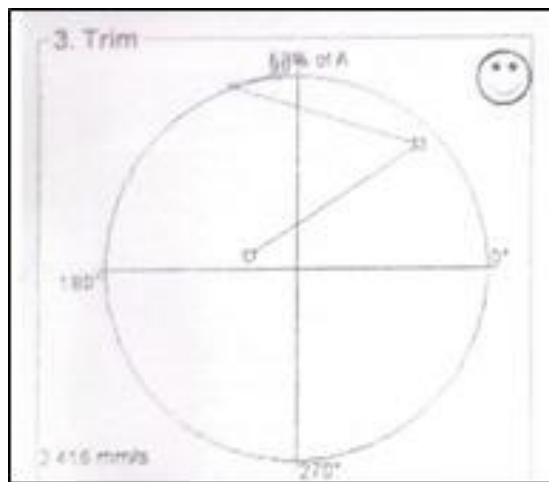
Proses *Balancing* Dinamis dilakukan pada impeller pada saat *Cooler Fan* beroperasi. Data *Balancing* Dinamis dapat dilihat dari tabel berikut.

| Proses <i>Balancing</i> | Penambahan massa (gr) | Nomor blade | Amplitudo vibrasi (mm/s) | Balance quality |
|-------------------------|-----------------------|-------------|--------------------------|-----------------|
| Data awal | - | - | 7,255 | - |
| Trial Massa | 31.4 | 9 | 7,888 | 60,58 |
| Massa 2 | 103 & 160.8 | 1 & 2 | 6,163 | 51,45 |
| Massa 3 | 115.5 & 131.1 | 2 & 3 | 0,617 | 3,93 |

Tabel 4. 1 Proses *balancing*
(Sumber :PT. Semen Padang)

Pada proses *Balancing* dilakukan pengambilan data awal didapatkan Amplitudo sebesar 7,255mm/s. Kemudian dilakukan penambahan Trial massa 31,4gr di *Blade* nomor 9. Didapatkan Amplitudo sebesar 7,888mm/s dan Balance Quality sebesar 60,58. Karena nilai Amplitudo naik maka Trial Massa dilepas,

setelah itu ditambahkan lagi Massa ke dua seberat 103gr & 160,8gr di *Blade* nomor 1 & 2 didapatkan nilai *Amplitude* 6,163 mm/s dengan *Balance Quality* sebesar 51,45 karena *balance Quality* belum didapat dan Vibrasi mulai menurun maka kita lanjutkan proses Balancing. Setelah itu dilakukan penambahan Massa 115.5 & 131.1gr di Blade 2 & 3, didapatkan *Amplitude* sebesar 0,617 mm/s dengan *Balance Quality* sebesar 3,93. karena *Amplitude* Vibrasi sudah menurun (target *Balance Quality* 6,3),Maka proses Balancing sudah selesai.



Gambar 4. 39 *Vektor Balancing*
(Sumber : Dokumen pribadi)

Pada gambar di atas dapat dilihat perubahan Vektor Balancing setelah 3 kali proses penambahan Massa. Dari gambar dapat diketahui bahwa Vektor Balancing menuju pusat masaa

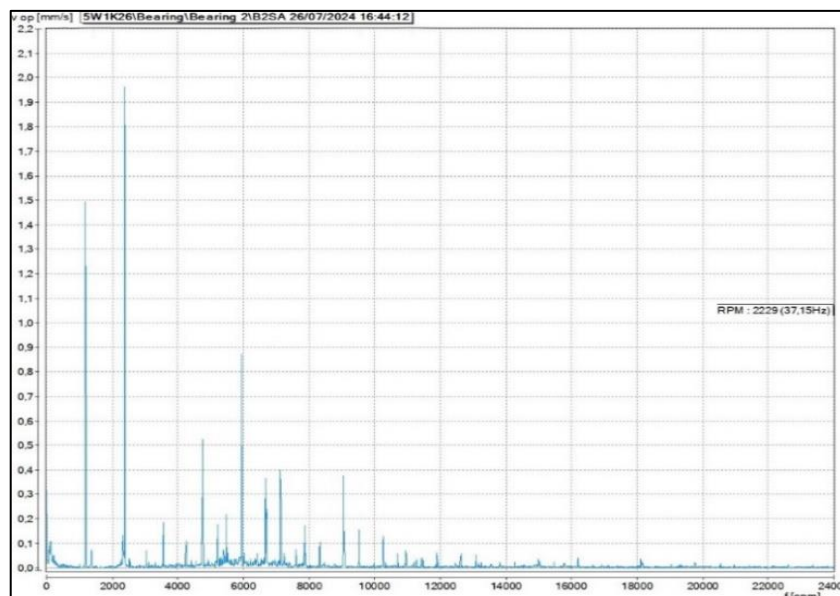
5. Data vibrasi setelah balancing

a. Tabel data vibrasi.

| SW1K26 | 26-Jul-24 | Vibrasi (mm/s) | DE | NDE | B1 | B2 | K. Power (°C) | B. Motor (°C) |
|--------|-----------|----------------|-------|-------|-------|-------|---------------|---------------|
| | | V | 1,00 | 1,15 | 1,55 | 2,21 | | |
| | | H | 0,72 | 0,77 | 1,82 | 2,36 | | |
| | | A | 0,63 | 0,64 | 1,71 | 1,64 | | |
| | | TEMP (°C) | 46,60 | 38,10 | 51,20 | 47,50 | 39,80 | 45,60 |

Gambar 4. 40Tabel Data *Vibrasi* Sesudah Perbaikan
(Sumber :PT. Semen Padang)

b. Data Spektrum



Gambar 4. 41 data *spectrum* sesudah *balancing*
(Sumber :PT. Semen Padang)

Berdasarkan Table dan Spektrum di atas dapat kita ketahui secara keseluruhan nilai Vibrasi menurun dan dalam kondisi normal. Dengan nilai Vibrasi tersebut dapat disimpulkan *Cooler Fan* layak untuk beroperasi walaupun pada data Spektrum masih menunjukkan gelombang Harmonik tapi masih sesuai dengan standar ISO 10816-3.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Hasil pengukuran Vibrasi Cooler Fan 5W1K26 pada tanggal 25 juni 2024 didapatkan status Peralatan Alarm (Arah Vertikal).
2. Spectrum Vibrasi Tinggi pada 1x rpm menandakan adanya Unbalance pada Impeller Fan.
3. Penyebab Unbalance pada Impeller Fan adalah adanya di temukan penipisan pada Blade yang disebabkan oleh material yang kehisap masuk kedalam Housing yang bersifat Abrasif

5.2 Saran

Sering terjadi ketidak seimbangan (*Unbalance*) pada Impeller akibat Abrasi yang disebabkan oleh partikel material Klinker. Untuk mencegah masuknya partikel-partikel kecil ke dalam *Housing Impeller* dan mengurangi Abrasi, ada 3 opsi yang disarankan penulis untuk upaya meminimalisir mengurangi Abrasif tersebut.

1. Memasang Saringan Udara (*Air Filter*) pada bagian *Inlet Impeller*.
2. Pertimbangkan untuk menggunakan material *Impeller* yang lebih tahan abrasi.
3. Jaga selalu kebersihan area sekitar cooler fan.

Dengan menjalankan pencegahan 3 di atas akan menambah usia pakai dari impeller tersebut efisiensi proses produksi pada PT semen padang

DAFTAR PUSTAKA

- Asnan, G. (2015). Semen Padang dan Politik Ekonomi Kolonial. *Jurnal Penelitian Sejarah dan Budaya*, 1(1), 51-61.
- Widianingrum, D. C., Pt, S., Dewi, N., Hut, S., Tanzil, A. I., SP, M., ... & MP, S. (2021). *PELET FERMENTASI AZOLLA: Budidaya, Proses Pembuatan, Manfaat, dan Prospek Pasar*. UPT Penerbitan & Percetakan Universitas Jember.
- Madloul, N. A. (2016). Assessment of waste preheater gas and dust bypass systems: Al-Muthanna cement plant case study. *Case Studies in Thermal Engineering*, 8, 330-336.
- Jouhara, H., Khordehgah, N., Almahmoud, S., Delpech, B., Chauhan, A., & Tassou, S. A. (2018). Waste heat recovery technologies and applications. *Thermal Science and Engineering Progress*, 6, 268-289.
- Jouhara, H., Khordehgah, N., Almahmoud, S., Delpech, B., Chauhan, A., & Tassou, S. A. (2018). Waste heat recovery technologies and applications. *Thermal Science and Engineering Progress*, 6, 268-289.

LAMPIRAN

1. Dokumentasi Kegiatan





2. Surat Penerimaan Magang

SIG

Nomor 0003506/HM 04 03/KRE/50003802/3000/05 2024
Hal **Kerja Praktek Mahasiswa**
Lamp -

Padang, 07 Mei 2024

Kepada Yth
Wakil Direktur I
Politeknik Negeri Bengkalis
Di - Riau

Dengan hormat

Sehubungan dengan surat permohonan Bapak No: 430/PL31/TU/2024 Tanggal 25 April 2024 diberitahukan, bahwa kami dapat menerima mahasiswa Bapak tersebut di bawah ini untuk melakukan Kerja Praktek di PT Semen Padang :

| No | Nama | NIM | Jurusan / Universitas |
|----|-----------------------|------------|---|
| 1 | Donitua Pangabea | 2204211293 | Teknik Mesin Produksi & Perawatan/Politeknik Negeri Bengkalis |
| 2 | Fuji Andrianto | 2204211299 | Teknik Mesin Produksi & Perawatan/Politeknik Negeri Bengkalis |
| 3 | Sopian Silitonga | 2204211298 | Teknik Mesin Produksi & Perawatan/Politeknik Negeri Bengkalis |
| 4 | Abiyu Putranami Lubis | 2103221213 | Teknik Mesin/Politeknik Negeri Bengkalis |


Kerja Praktek akan dilaksanakan pada tanggal **15 Juli s/d 06 September 2024**


Persyaratan yang harus dipenuhi:

1. Paling lambat tanggal **11 Juli 2024** yang bersangkutan sudah harus melapor ke Unit Operasional SDM (Pusdiklat) PT Semen Padang, untuk melengkapi persyaratan yang belum ada.
2. Mahasiswa/siswa diwajibkan hadir pada tanggal **15 Juli 2024** jam 08.00 WIB di **Unit Operasional SDM (Pusdiklat) PT Semen Padang** untuk mengikuti pengarahan sebelum melaksanakan Kerja Praktek.
3. Mematuhi segala ketentuan dan disiplin yang berlaku di PT Semen Padang serta selalu mematuhi protokol kesehatan selama kerja praktek berlangsung, mahasiswa/siswa dinyatakan gagal dalam melaksanakan kerja praktek jika melanggar peraturan di PT Semen Padang.
4. Membuat laporan kerja praktek dan menyerahkan ke Unit Operasional SDM (Pusdiklat) 15 (lima belas) hari paling lambat setelah tanggal kerja praktek berakhir.
5. **Perlengkapan Safety** yaitu Helm (warna biru) & Sepatu Safety disediakan sendiri.
6. **Bukti asli keikutsertaan asuransi kecelakaan kerja** dibawa pada saat melapor ke Unit Operasional SDM (Pusdiklat)


Demikian disampaikan, atas perhatian Bapak diucapkan terima kasih.

Hormat kami,
Sr. HC. Management Officer


Masrizal
Kepala


ZAM/2024
Tembusan: -

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



3. Surat Pernyataan

SURAT PERNYATAAN KERJA PRAKTEK DAN PENELITIAN DI PT SEMEN PADANG

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Donita Panggabean
NIM/NIS : 2204211293
Universitas / Sekolah : Politeknik Negeri Bengkulu
No. KTP : 1202120110030003
Alamat Sesuai KTP : Huta Jurgur, Onan Funggu I, Kec. Sipahutar, Kab. Tapanuli Utara
Prov. Sumatera Utara

Adalah Mahasiswa/Siswa Kerja Praktek/Penelitian di Unit.....Inspeksi Pemeliharaan Indefung PT Semen Padang sejak tanggal.....15 Juli 2024.....s/d.....30 Agustus 2024.....

Dengan ini menyatakan hal – hal sebagai berikut:

- Memakai sepatu shafety, helm warna biru pakai tali, rompi skotlet/safety vest selama Kerja Praktek/Penelitian (Produksi dan Pemeliharaan) di PT Semen Padang.
- Memahami bahwa data dan informasi yang didapat selama kegiatan Kerja Praktek/Penelitian adalah sepenuhnya milik PT Semen Padang.
- Berkewajiban menjaga kerahasiaan data dan informasi milik atau terkait PT Semen Padang serta tidak memberikan dan/atau menyebarkan kepada pihak-pihak yang tidak berkepentingan dan/atau pihak-pihak lain yang dapat memanfaatkannya untuk kepentingan pribadi/kelompok yang dapat /berpotensi merugikan PT Semen Padang.
- Bahwa seluruh data dan informasi yang diterima dari PT Semen Padang tersebut digunakan terbatas pada tujuan penulisan hasil Kerja Praktek/Penelitian, tidak dipublikasikan umum atau kepentingan lainnya dan telah mendapat izin PT Semen Padang.
- Bersedia dikenakan sanksi sesuai peraturan perundang undangan yang berlaku dan PT Semen Padang dapat meminta pertanggungjawaban secara hukum apabila secara sengaja ataupun karena kelalaian mengakibatkan tersebarnya data dan/atau informasi milik PT Semen Padang.
- Pernyataan mengenai kerahasiaan data dan informasi ini tetap berlaku dan mengikat, meskipun periode Kerja Praktek/Penelitian ini telah berakhir sampai dengan batas waktu yang tidak ditentukan. Untuk penggunaan data dan informasi yang akan dipublikasikan ataupun digunakan selanjutnya, harus mendapatkan persetujuan ulang dari PT Semen Padang.


Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa tekanan dari pihak manapun.

Padang,

Saya yang membuat pernyataan



4. Nilai Dari Perusahaan



**SURAT KETERANGAN & NILAI
KERJA PRAKTEK**

Dengan ini menerangkan bahwa siswa yang tersebut di bawah ini:

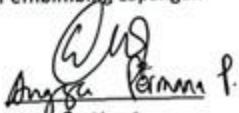
Nama : DoniTua Panggabean
 No.NISN/No.Bp : 2204211293
 Jurusan : Teknik Mesin Produksi Dan Perawatan
 Sekolah/Perguruan Tinggi : Politeknik Negeri Bengkalis

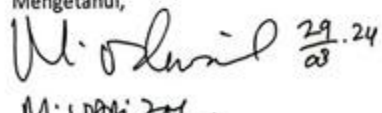
Telah selesai melakukan Kerja Praktek di Inspeksi Indarung ✓ PT Semen Padang
 dari tanggal 15 Juli 2024 s/d dengan hasil:

| NO | KOMPONEN NILAI | NILAI | |
|--------------------|--------------------|--------|--|
| | | ANGKA | HURUF |
| 1 | DISIPLIN | 92 | Sembilan Puluh Dua |
| 2 | KERAJINAN | 93 | Sembilan Puluh Tiga |
| 3 | TINGKAH LAKU | 90 | Sembilan Puluh |
| 4 | KERJA SAMA | 91 | Sembilan Puluh Satu |
| 5 | KREATIFITAS | 90 | Sembilan Puluh |
| 6 | KEMAMPUAN KERJA | 93 | Sembilan Puluh Tiga |
| 7 | TANGGUNG JAWAB | 92 | Sembilan Puluh Dua |
| 8 | PENYERAPAN LAPORAN | 90 | Sembilan Puluh |
| RATA-RATA KRITERIA | | 91.375 | Sembilan Puluh Satu koma Tiga Ratus Tujuh Puluh Lima |

Keterangan:
 90-100=Baik Sekali
 80-89=Baik
 70-79=Cukup
 60-69=Kurang

Demikian surat keterangan & nilai kerja praktek ini di berikan untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Padang,
 Pembimbing Lapangan

 Nip. 904122

Mengetahui,

 M. Umi Zul
 Ka. Unit/Ka. Seksi/Learning Partner

6. Absen Magang di Perusahaan

No : 2104111291
 Nama : Devina Pringstiana
 Bagian : Inspeksi Pemeliharaan Industri V
 Bulan : Juli 2024

| Tgl | Pagi | | Siang | | Lembur | | Jam |
|-----|-------|--------|-------|--------|--------|--------|-----|
| | Masuk | Keluar | Masuk | Keluar | Masuk | Keluar | |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | |
| 15 | 8.00 | 17.00 | | | | | |

Sakit Izin Alpha Lambat Lain-lain

No : 1
 Nama :
 Bagian :
 Bulan :

| Tgl | Pagi | | Siang | | Lembur | | Jam |
|-----|-------|--------|-------|--------|--------|--------|-----|
| | Masuk | Keluar | Masuk | Keluar | Masuk | Keluar | |
| 16 | 8.00 | 17.00 | | | | | |
| 17 | 8.00 | 17.00 | | | | | |
| 18 | 8.00 | 17.00 | | | | | |
| 19 | 8.00 | 17.00 | | | | | |
| 20 | libur | | | | | | |
| 21 | libur | | | | | | |
| 22 | 8.00 | 17.00 | | | | | |
| 23 | 8.00 | 17.00 | | | | | |
| 24 | 8.00 | 17.00 | | | | | |
| 25 | 8.00 | 17.00 | | | | | |
| 26 | 8.00 | 17.00 | | | | | |
| 27 | libur | | | | | | |
| 28 | libur | | | | | | |
| 29 | 8.00 | 17.00 | | | | | |
| 30 | 8.00 | 17.00 | | | | | |
| 31 | 8.00 | 17.00 | | | | | |

Sakit Izin Alpha Lambat Lain-lain

Nama : Dentur Pengobatan
 Nama : Rina Permatasari Widayanti
 Nama : Aprilia 2024

| Waktu | Umur | Alam | Lambit | Lamban |
|-------|------|------|--------|--------|
|-------|------|------|--------|--------|

| Waktu | Umur | Alam | Lambit | Lamban |
|-------|------|------|--------|--------|
|-------|------|------|--------|--------|

| No | Fpg | | Sung | | Lambur | | Jari |
|----|-------|-------|-------|-------|--------|-------|------|
| | Mandi | Kukur | Mandi | Kukur | Mandi | Kukur | |
| 1 | 8.00 | 17.15 | | | | | 1 |
| 2 | 8.00 | 17.30 | | | | | 2 |
| 3 | 8.00 | | | | | | 3 |
| 4 | 8.00 | | | | | | 4 |
| 5 | 8.00 | 17.00 | | | | | 5 |
| 6 | 8.00 | 17.00 | | | | | 6 |
| 7 | 8.00 | 17.00 | | | | | 7 |
| 8 | 8.00 | 17.00 | | | | | 8 |
| 9 | 8.00 | 17.00 | | | | | 9 |
| 10 | 8.00 | | | | | | 10 |
| 11 | 8.00 | | | | | | 11 |
| 12 | 8.00 | 17.00 | | | | | 12 |
| 13 | 8.00 | 17.00 | | | | | 13 |
| 14 | 8.00 | 17.00 | | | | | 14 |
| 15 | 8.00 | 17.00 | | | | | 15 |

| No | Fpg | | Sung | | Lambur | | Jari |
|----|-------|-------|-------|-------|--------|-------|------|
| | Mandi | Kukur | Mandi | Kukur | Mandi | Kukur | |
| 16 | 8.00 | 17.00 | | | | | 16 |
| 17 | 8.00 | | | | | | 17 |
| 18 | 8.00 | 17.00 | | | | | 18 |
| 19 | 8.00 | 17.00 | | | | | 19 |
| 20 | 8.00 | 17.00 | | | | | 20 |
| 21 | 8.00 | 17.00 | | | | | 21 |
| 22 | 8.00 | 17.00 | | | | | 22 |
| 23 | 8.00 | 17.00 | | | | | 23 |
| 24 | 8.00 | | | | | | 24 |
| 25 | 8.00 | | | | | | 25 |
| 26 | 8.00 | 17.00 | | | | | 26 |
| 27 | 8.00 | 17.00 | | | | | 27 |
| 28 | 8.00 | 17.00 | | | | | 28 |
| 29 | 8.00 | 17.00 | | | | | 29 |
| 30 | 8.00 | 17.00 | | | | | 30 |
| 31 | | | | | | | 31 |

No :
 Nama :
 Jurusan :
 Semester :

No :
 Nama :
 Jurusan :
 Semester :

| | | | | |
|---------|--------|------|--------|-------|
| Tanggal | Uraian | Alpa | Lambat | Lulus |
|---------|--------|------|--------|-------|

| | | | | |
|---------|--------|------|--------|-------|
| Tanggal | Uraian | Alpa | Lambat | Lulus |
|---------|--------|------|--------|-------|

| No | Uraian | Kategori | | | | Lulus |
|----|--------|----------|--------|-------|--|-------|
| | | Alpa | Lambat | Lulus | | |
| 1 | off | | | | | |
| 2 | off | | | | | |
| 3 | off | | | | | |
| 4 | off | | | | | |
| 5 | off | | | | | |
| 6 | off | | | | | |
| 7 | off | | | | | |
| 8 | off | | | | | |
| 9 | off | | | | | |
| 10 | off | | | | | |
| 11 | off | | | | | |
| 12 | off | | | | | |
| 13 | off | | | | | |
| 14 | off | | | | | |
| 15 | off | | | | | |