

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data merupakan prosedur yang standar dan sistematis dalam penulisan ilmiah. Data-data tersebut didapatkan dengan melakukan pengamatan langsung, *interview* dan pengambilan data sekunder. Pengumpulan data ini dilakukan di PT Semen Indonesia, Tbk Pabrik Tuban. Setelah data tersebut terkumpul lalu dilakukan pengolahan data dan pembahasan sehingga bisa didapatkan hasil penelitian yang nantinya akan menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian yang sudah diterapkan.

4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

Pada bagian ini akan dijabarkan mengenai gambaran PT. Semen Indonesia, Tbk secara umum meliputi profil perusahaan, visi, misi, struktur organisasi, proses produksi semen, jenis produk yang dihasilkan dan komponen penting pada mesin crusher pada departemen *maintenance* PT. SI, Tbk pabrik Tuban.

4.1.1 Profil Perusahaan

PT. SI, Tbk adalah salah satu perusahaan di Indonesia yang memproduksi produk berupa semen. Perusahaan diresmikan di Gresik pada tanggal 7 Agustus 1957 oleh Presiden RI pertama dengan kapasitas terpasang 250.000 ton semen per tahun, dan di tahun 2013 kapasitas terpasang mencapai 30 juta ton/tahun. Semen Gresik sendiri memiliki 5 pabrik dengan total kapasitas 9000.000 ton/tahun. Dan saat ini perusahaan ini menempati peringkat pertama perusahaan semen dengan tingkat produktivitas tertinggi di Asia Tenggara.

PT. SI *go public* pada 8 Juli 1991 saat ini Semen Indonesia telah membawahi beberapa perusahaan dalam naungan holdingnya yakni Semen Gresik, Semen Padang, Semen Tonasa dan Thang Long Cement. Perseroan saat ini sedang membangun 3 *packing plant* tambahan di beberapa lokasi prospek. Hingga tahun 2016 Perseroan merencanakan tambahan 12 unit *packing plant*.

Transformasi Perseroan sebagai upaya meningkatkan kinerja, setelah penerapan *Functional Holding* melalui sinergi dari masing-masing kompetensi perusahaan baik dibidang operasional maupun dibidang pemasaran. Perseroan meningkatkan kualitas pengelolaan organisasi dan melakukan komunikasi yang lebih intensif dengan pemangku kepentingan di masing-masing *operating company*. Melalui penerapan *strategic holding*, maka posisi “holding menjadi sangat jelas yaitu:

1. HoldCo menentukan arah group
2. Di masa yang datang, setiap OpCo tambahan akan berada di tingkat yang sama dengan OpCo yang ada.

Pada tanggal 20 Desember 2012, melalui Rapat Umum Pemegang Saham Luar Biasa (RUPSLB) Perseroan, resmi mengganti nama dari PT. Semen Gresik (Persero) Tbk, menjadi PT. SI, Tbk. Penggantian nama tersebut, sekaligus merupakan langkah awal dari upaya merealisasikan terbentuknya *Strategic Holding Group* yang ditargetkan dan diyakini mampu mensinergikan seluruh kegiatan operasional dan memaksimalkan seluruh potensi yang dimiliki untuk menjamin dicapainya kinerja operasional maupun keuangan yang optimal. Setelah memenuhi ketentuan hukum yang berlaku, pada tanggal 7 Januari 2013 ditetapkan sebagai hari lahir PT. SI (Persero) Tbk. Untuk itu PT. SI (Persero) memiliki *logo holding* pada Gambar 4.1 sebagai berikut:



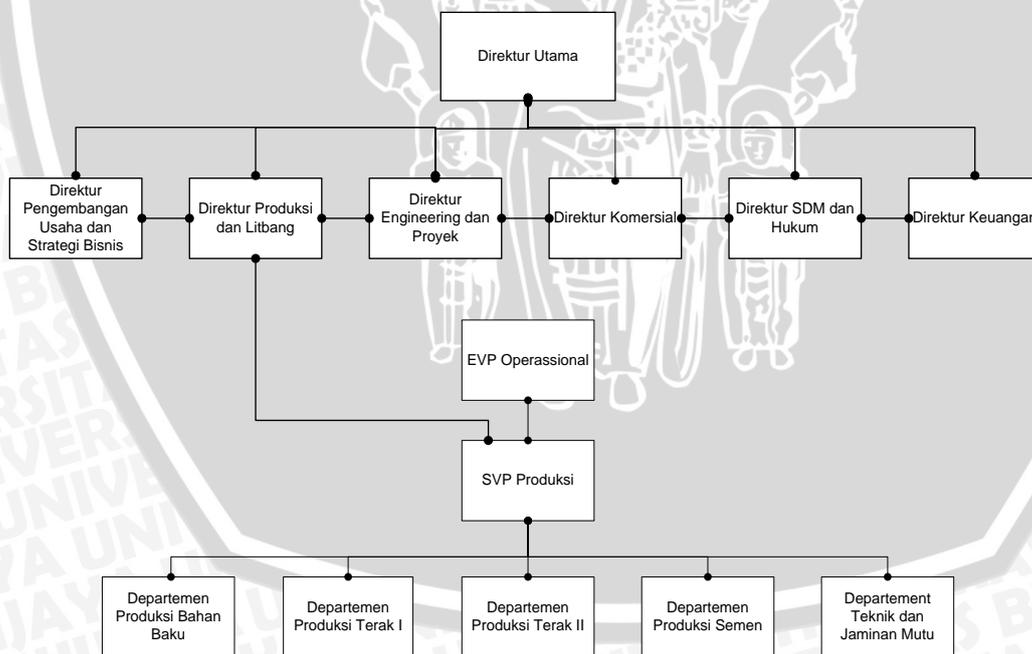
Gambar 4.1 Logo *Holding* Semen Indonesia
Sumber : www.semenindonesia.com

Pada tahun 2012, Perseroan semakin mengintensifkan upaya membentuk *strategic holding company* yang lebih menjamin terlaksananya sinergi pada seluruh aspek operasional dari perusahaan yang bernaung dibawah grup perusahaan. Melalui pembentukan *strategic holding* ini, Perseroan meyakini seluruh potensi dan kompetensi perusahaan dalam group baik dalam bidang operasional, produksi dan terutama pemasaran, dapat disatu padukan dengan semakin baik untuk memberikan kinerja optimal. Melalui penerapan *strategic holding*, maka posisi “*holding*” terhadap anak usaha (yakni perusahaan semen dan anak perusahaan yang akan datang) menjadi sangat jelas dengan adanya visi dan misi sebagai berikut:

1. Visi
“Menjadi perusahaan persemenan terkemuka di Indonesia dan Asia Tenggara”
2. Misi
 - a. Memproduksi, memperdagangkan semen dan produk terkait lainnya yang berorientasikan kepuasan konsumen dengan teknologi ramah lingkungan.
 - b. Mewujudkan manajemen berstandar internasional dengan menjunjung tinggi etika bisnis dan semangat kebersamaan dan inovatif.
 - c. Meningkatkan keunggulan bersaing di domestic dan internasional.
 - d. Memberdayakan dan mensinergikan sumber daya yang dimiliki untuk meningkatkan nilai tambah secara berkesinambungan.
 - e. Memberikan kontribusi dalam peningkatan pemangku kepentingan (*stakeholders*).

4.1.2 Struktural Organisasi Perusahaan

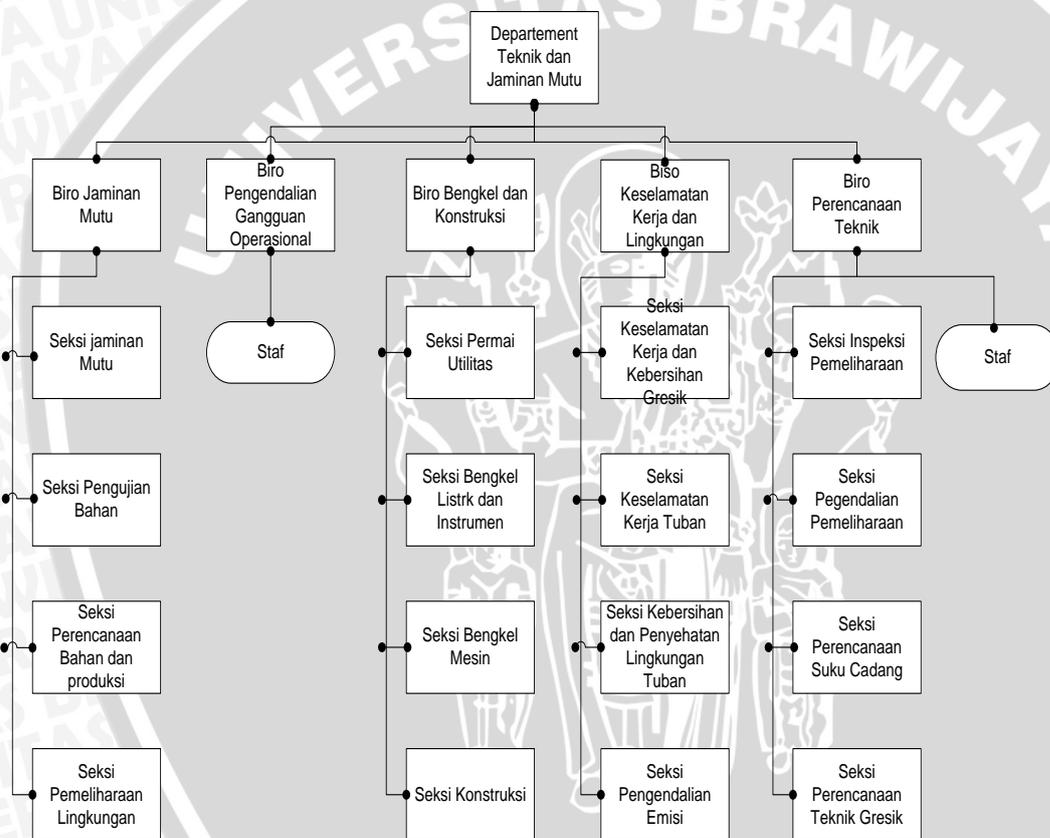
PT. SI (Persero) Tbk, memiliki struktur organisasi untuk mendukung berlangsungnya usaha yang digeluti dalam memproduksi semen. Berikut adalah struktur organisasi PT. SI (Persero), Tbk pada tahun 2014 pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Struktur Organisasi PT. Semen Indonesia
Sumber: Data Departemen Teknik Semen Indonesia

PT. SI (Persero), Tbk dikepalai oleh seorang Direktur Utama yang membawahi 6 bagian yaitu Direktur Pengembangan Usaha dan strategi Bisnis, Direktur Produksi dan

LitBang, Direktur Engineering dan Proyek, Direktur Komersial, Direktur SDM dan Hukum, dan Direktur Keuangan. Dibagian Produksi dan Litbang berhubungan langsung dengan bagian produksi yang kegiatannya meliputi perencanaan produksi. Pada bagian ini membawahi 6 departemen meliputi Departemen Produksi Bahan Baku, Departemen Produksi Terak I, Departemen Produksi Terak II, Departemen Produksi Semen, Departemen Teknik dan Jaminan Mutu. Departemen Teknik dan Jaminan Mutu membawahi 5 biro, yaitu Biro jaminan mutu, Biro Pengendalian Gangguan Operasional, Biro Bengkel dan Konstruksi, Biro Keselamatan Kerja dan Lingkungan, dan Biro Perencanaan Teknik, strukturnya pada Gambar 4.3 sebagai berikut:



Gambar 4.3 Struktur Organisasi Departemen Teknik dan Jaminan Mutu
Sumber: Data Departemen Teknik Semen Indonesia

Biro Jaminan mutu bertugas mengendalikan mutu dari bahan baku dan pengujian bahan termasuk pemeliharaan lingkungan. Biro Bengkel bertugas sebagai penampung kerusakan-kerusakan sparepart bagian listrik, mesin, dan intrumen konstruksi lainnya. Biro keselamatan kerja dan lingkungan bertugas menjaga dan mngendalikan emisi yang terjadi di dalam maupun diluar lingkungan kerja di Tuban. Sedangkan Biro perencanaan teknik terdapat seksi inspeksi pemeliharaan meliputi *preventive*, *prediktif*, dan *corrective maintenance*. Bagian Pengendalian pemeliharaan meliputi analisa

pengendalian aset produksi semen dan pengendalian biaya pemeliharaan (*maintenance*).

4.1.3 Produk yang Dihasilkan

PT SI (Persero), Tbk memproduksi berbagai jenis semen. Semen utama yang diproduksi adalah semen Portland Tipe II-V (Non-OPC). Di samping itu, juga memproduksi berbagai tipe khusus dan semen campuran (*mixed cement*), untuk penggunaan yang terbatas. Berikut ini penjelasan mengenai jenis semen yang diproduksi serta penggunaannya. Semen produksi perseroan memiliki kualitas yang tinggi dan telah memenuhi standar SNI, ini wujud komitmen perusahaan sebagai produsen semen berkualitas di Indonesia dan produsen semen terbesar di Asia Tenggara. Diantaranya :

a. OPC (*Ordinary Portland Cement*)

Tersedia kantong 50kg, 1 ton, dan curah



Gambar 4.4 Produk OPC

Sumber: www.semenindonesia.com

b. PPC (*Portland Pozzolan Cement*)

Tersedia kantong 50kg, 1 ton, dan curah



Gambar 4.5 Produk PPC

Sumber: www.semenindonesia.com

c. SBC (*Special Blended Cement*)

Tersedia hanya pada produk curah

Semen Portland Tipe I dan PPC tersedia di pasar retail, sementara jenis lainnya hanya diproduksi berdasarkan pesanan dalam jumlah tertentu. Produk-produk tersebut dipasarkan terutama untuk kebutuhan pasar dalam negeri dan sebagian lainnya diekspor. Sebagian besar produk dipasarkan dalam bentuk kemasan zak, sedangkan selebihnya dalam bentuk curah. Perseroan merupakan produsen semen yang memiliki berbagai jenis produk semen berkualitas untuk memenuhi kebutuhan pasar di Indonesia.

4.1.4 Proses Produksi

Secara Umum proses pembuatan semen terbagi menjadi 5 tahap yaitu mulai dari penyiapan bahan baku, proses penggilingan dengan menggunakan raw mill, pembakaran di kiln, penggilingan akhir di finish mill, dan packaging. Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing proses produksi:

1. Penyiapan Bahan Baku

Pada tahap ini unit crusher mengumpulkan bahan baku dengan alat berat yang diambil dari gunung kapur. Dengan komposisi :

- a. Kapur : 80%
- b. Tanah liat : 15%
- c. Pasir silika : 4%
- d. Pasir besi : 1%

Batu kapur diambil dari lokasi tambang sekitar pabrik, kemudian dihancurkan dengan mesin pemecah batu kapur (*limestone crusher*).

- a. Tanah liat ditambang dan diangkut ke lokasi pabrik kemudian di- hancurkan dengan mesin penghancur tanah liat (*clay crusher*) dan dicampur dengan butiran batu kapur.
- b. Batu kapur dan tanah liat, yang telah tercampur, ditampung ditempat penyimpanan yang dilengkapi dengan *reclaiming scrapper*.
- c. Sementara itu, pasir silika dan *copper slag* disiapkan sesuai kebutuhan. Kemudian bahan terkumpul akan diangkut dengan truk untuk kemudian dipindahkan ke unit *Raw Mill* melalui *conveyor*. Berikut merupakan Gambar 4.6 penyiapan bahan baku:



Gambar 4.6 Proses penghancuran dari pegunungan batu kapur dan proses crusher
Sumber: Data Departemen Teknik 2014

Gambar diatas mulai dari kiri adalah proses pengemboman bahan baku batu kapur, selanjutnya diangkut menggunakan dump truck menuju hopper, dan akan dilakukan proses penghancuran batu kapur menjadi ukuran 1 cm.

2. Penggilingan Bahan Baku

Keempat bahan baku digiling di mesin penggilingan bahan baku (*Roller Mill*) hingga mencapai kehalusan 90 mikron. Proporsi masing-masing bahan dan kualitas produk dikontrol secara berkala oleh system komputer (QCX). Produk dari mesin *roller mill* ini, kemudian disimpan dalam silo-silo pencampur, hingga bahan mencapai kondisi homogen. Berikut ini adalah gambar 4.7 memperlihatkan proses menghancurkan batu kapur menjadi ukuran 90 mikron dengan menggunakan *raw mill* pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Proses *Raw Mill Grinding*
Sumber: Data Departemen Teknik 2014

3. Pembakaran

Dari silo pencampur, bahan yang sudah homogen diumpankan ke alat pemanas awal (*preheater*), kemudian masuk ke dalam tanur putar (*rotary kiln*). Di dalam tanur putar, material tersebut dibakar pada temperatur 1350 – 1400 derajat Celsius dengan menggunakan batubara sebagai bahan bakar. Hasilnya adalah butiran-butiran yang

dinamakan *terak* atau *clinker*. Setelah dipanaskan pada suhu sangat tinggi, *terak* kemudian didinginkan secara mendadak di alat pendingin (*cooler*). Wujud akhir terak berupa butiran berwarna hitam, hasil dari pencampuran empat bahan baku. Terak kemudian disimpan dalam silo penyimpanan terak. Berikut ini Gambar 4.8 menunjukkan proses pembakaran dengan menggunakan mesin kiln.



Gambar 4.8 Proses Pemanasan Tahap awal dengan Kiln
Sumber: Data Departemen Teknik 2014

4. Penggilingan Akhir

Terak digiling dengan tambahan *gypsum* dalam mesin penggilingan akhir (*Finish Mill*) menjadi *semen portland/ordinary portland cement* (OPC) yang memiliki kehalusan 45 mikron. Khusus untuk *semen portland pozzoland* (PPC), campuran terak dan *gypsum* masih ditambah *trass* atau *pozzoland*. Hasil dari penggilingan akhir berupa semen yang selanjutnya akan masuk ke dalam silo penyimpanan semen. Berikut Gambar 4.9 menunjukkan proses penggilingan akhir pada *finish mill*.



Gambar 4.9 Proses Penggilingan akhir
Sumber: Data Departemen Teknik 2014

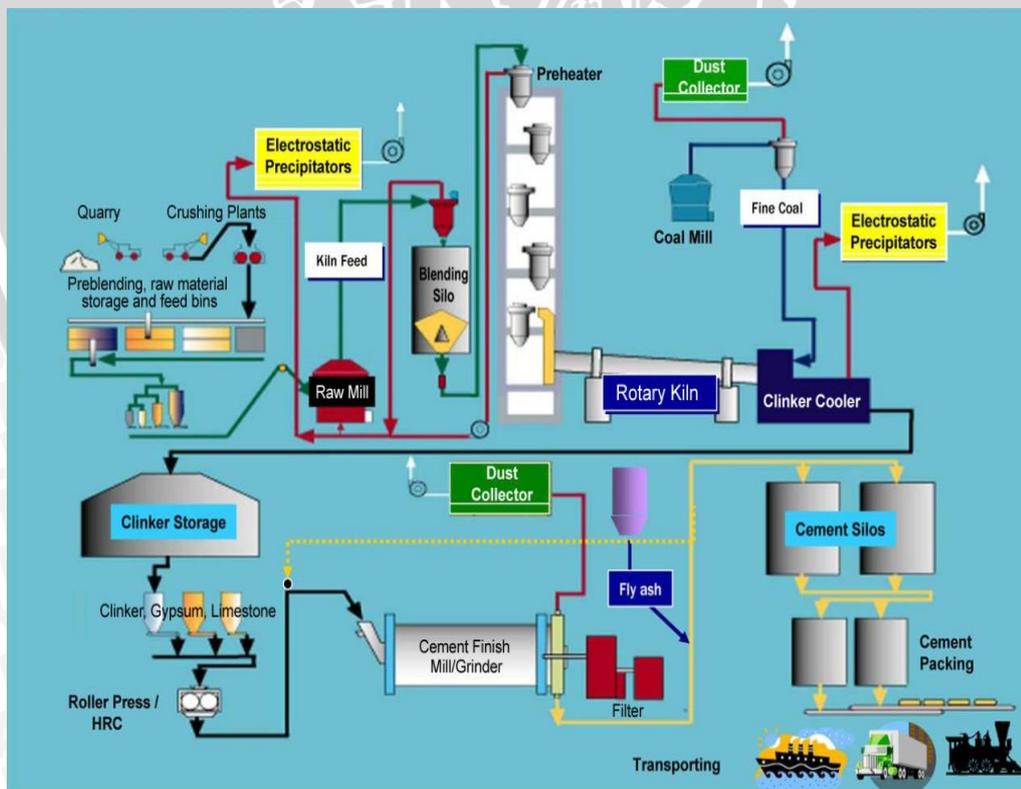
5. Pengemasan

Kemasan yang digunakan kantong 40 kg (PPC) atau 50 kg (PPC), kemasan *jumbo bag* (1000 kg), atau dalam bentuk curah. Pendistribusian melalui angkutan darat (truck dan kereta api) dan angkutan laut. Jaminan mutu produk, seluruh proses produksi, mulai penyiapan bahan baku sampai pengemasan dikontrol melalui laboratorium jaminan mutu dengan sistem komputer terpadu. Berikut ini gambar 4.10 menggambarkan proses pengepakan semen dengan menggunakan belt conveyor yang sudah disertai timbangan seperti pada Gambar 4.10



Gambar 4.10 Proses Penggilingan akhir
Sumber: Data Departemen Teknik 2014

Flow proses secara keseluruhan dapat digambarkan pada Gambar 4.11 di bawah ini:



Gambar 4.11 Flow Process Pembuatan Semen
Sumber: Data Departemen Teknik 2014

4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan tahap untuk mengumpulkan data yang digunakan dalam pengolahan data. Data yang dikumpulkan yaitu data yang berkaitan dengan hari operasi permesinan crusher selama 1 tahun 2014, data operasi permesinan, data *planned downtime*, data *unplanned downtime*, data total produksi batu kapur, data interval pergantian komponen crusher, data harga komponen crusher.

4.2.1 Komponen Mesin Crusher

Pada penelitian ini berfokus pada penyiapan bahan baku yaitu batu kapur dengan menggunakan mesin *crusher*. *Limestone crusher* yang digunakan adalah jenis *Single Shaft Hammer Crusher*. *Crusher* ini dapat memecah batu kapur dari ukuran 1200 mm x 1200 mm menjadi ukuran maksimum 75 mm. Berikut adalah Gambar 4. Dari mesin crusher limestone yang digunakan di proses penyiapan bahan baku beserta spesifikasinya.



Gambar 4.12 *Crusher machine*
Sumber: Data Unit Crusher

Crusher (231.CR)

Fungsi	: memperkecil ukuran batu kapur
Type	: Non-Clog Hammer Mill model 7270
Merek	: Bulldog
Motor	: 1.072 hp, 600 rpm, 6.000 volt
Kapasitas	: 700 ton/jam
Bahan	: Steel plat (ASTM 47)
Jumlah hammer	: 18 pcs
Jumlah alat	: 2 buah (231.CR-1) dan (231.CR-2)

Ukuran produk	: 0 – 60 mm, + 75 mm tidak boleh lebih 5%
Ukuran rotor	: 72 in
Diameter shaft rotor	: 16 in
Type kopling	: rubber dengan momen inersia 137,4 lb/ft ²
Kadar air maksimum	: 18 % (dry basis) obbler feeder (231.FE)

Bagian-bagian utama peralatan crusher adalah:

1. Hopper

Hopper adalah tempat penampung material (Batu Kapur) dari Dump Truck sebelum di crushing di Hammer Mill yang dibawahnya terdapat wobbler Feeder.

2. Wobbler Feeder

Peralatan ini berfungsi sebagai pembawa material ke hammer mill serta berfungsi sebagai penyaring material. Jadi material halus dengan ukuran dibawah 100 mm dapat langsung menjadi produk dengan jatuh ke belt conveyor dibawahnya melalui sela-sela wobbler bar. Sedangkan material berukuran lebih besar akan masuk ke hammer mill untuk dihancurkan. Berikut Gambar 4.12 dari *wobler feeder*.



Gambar 4.13 *Wobbler Feeder*
Sumber: Data Unit Crusher

Spesifikasi peralatan Wobbler Feeder:

Wobbler Bar, 60” x 19 Bar 12 1/2 ‘P

Panjang = 60 inches, jumlah bar = 19 buah dan jarak antar bar = 12,5 inches

Motor penggerak Wobbler Feeder:

Fungsi : Mengangkut batu kapur dari hopper ke crusher

Type : Wobbler

Kapasitas : 700 ton/jam

Lebar : 1.524 mm

Jumlah wobbler bar : 19 buah

Motor : 75 Kw, 1.500 rpm

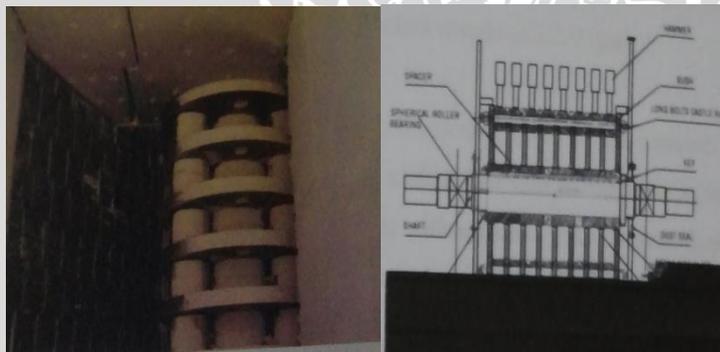
Pitch	: 318 mm
Jumlah alat	: 2 buah
Bahan	: baja

3. Hammer Mill

Hammer Mill merupakan bagian utama pemecah batu kapur yang telah disaring oleh wobbler feeder. Hammer mill crusher terdiri dari 3 (tiga) baris dan masing-masing terdiri dari 6 buah hammer. Hammer crusher ini mempunyai tipe-non clog hammer mill seperti pada Gambar 4.13 dengan spesifikasi 7270 HMIS-07-NC-CB secara lebih rinci.

Spesifikasi peralatan hammer mill dan adalah:

Motor	: Induksi
Daya	: 1072 Kw
Arus	: 440 Ampere
Tegangan	: 1485 Volt
Frekuensi	: 50 Hz



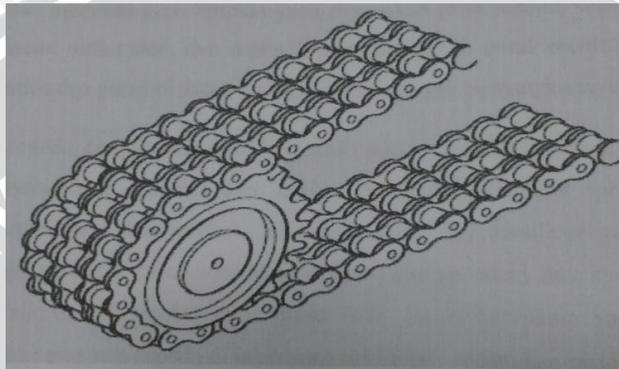
Gambar 4.14 Hammer Mill
Sumber: Data Unit Crusher

4. Breaker Plate

Breaker plate adalah bagian yang berada di depan hammer yang berupa lempengan logam yang disambung menyerupai rantai dan berputar searah jatuhnya material. Bagian ini berfungsi sebagai penahan batu kapur yang dihentakkan atau dilemparkan oleh hammer mill agar dapat menjadi pecahan material yang lebih kecil dan untuk mencegah terjadinya penimbunan material. Jarak antara top hammer dengan breaker plate adalah 5 mm, dengan penggerakannya motor induksi 10 HP putaran 1430 rpm yang direduksi oleh reducer menjadi 11 rpm. Penghubungnya dinamakan linkpin breaker plate yang memiliki ukuran diameter 35 mm yang berjumlah 76 buah.

5. Sprocket

Transmisi rantai-sprocket digunakan untuk transmisi tenaga pada jarak sedang. Sprocket adalah roda bergerigi yang berpasangan dengan rantai, track, atau benda panjang yang bergerigi lainnya. Sprocket berbeda dengan roda gigi, sprocket tidak pernah bersinggungan dengan sprocket lainnya dan tidak pernah cocok. Sprocket juga berbeda dengan puli dimana sprocket memiliki gigi dan pilu pada umumnya tidak memiliki puli.



Gambar 4.15 Sproket
Sumber: Data Unit Crusher

Kelebihan dari sprocket selain sebagai transmisi gaya putar antara dua poros juga dapat transmisi tanpa selip dengan perbandingan perputaran tetap, dapat meneruskan daya besar, keausan kecil pada bantalan, jarak poros menengah (antara gear dan belt). Sedangkan kekurangannya tidak dapat dipakai untuk kecepatan tinggi (mak. 600 m/min), suara dan getaran tinggi, dan rantai cepat memanjang karena keausan pena dan bus. Gambar dibawah ini adalah bentuk sprocket pada mesin crusher.



Gambar 4.16 Sproket Breaker Plate
Sumber: Data Unit Crusher

6. Cleaning Bar

Cleaning Bar adalah bagian yang hampir sama dengan breaker plate, tapi berada dibelakang hammer mill berfungsi sebagai pembersih sisa-sisa batuan. Penggerak cleaning bar ini motor 10 HP dengan 1430 yang direduksi oleh reducer menjadi 30 rpm. Selanjutnya ditransmisikan kembali melalui roller chain dengan reduksi sproker menjadi 12,9 rpm.

7. Seal Bearing dan Gasket

Seal digunakan untuk memperhalus pengoperasian dan mengurangi keausan, hampir semua *gear* dan *bearing* memerlukan pelumasan yang terus menerus. Maka untuk menjaga keberadaan pelumas di sekeliling komponen-komponen yang bergerak dan menjaga agar cairan pelumas tersebut jangan sampai keluar dan menjaga agar kotoran dan debu jangan masuk ke sistem maka diperlukan *seal*. Sedangkan *gasket* adalah salah satu jenis *seal* yang banyak digunakan pada celah yang kecil pada komponen yang diam. Beberapa tempat yang menggunakan *gasket* misalnya antara *cylinder head* dan *block*, antara *block* dan *oil pan*.



Gambar 4.17 Seal Bearing Hammer Mill
Sumber: Data Unit Crusher

8. Fly Wheel

Fly whell merupakan roda gila yang terpasang pada poros hammer untuk menjaga putaran poros hammer menjadi stabil. Dengan menggunakan momen kelembaban fly whell tersebut diharapkan jika terjadi hentakan mendadak karena ada batu keras atau besar beban poros hammer tidak terlalu besar perbedaannya.

9. Belt Conveyor (241.BC)

Belt Conveyor adalah transportasi yang berfungsi mengangkut batu kapur menuju mix bed storage.

kapasitas : 1.200 ton/jam

lebar	: 2.225 mm
kecepatan	: 0,62 m/det
panjang	: 15.695 mm
motor	: 14,6 Kw, 1.500 rpm
kemiringan	: 8°
jumlah alat	: 7 buah
bahan	: Rubber

10. Motor Listrik

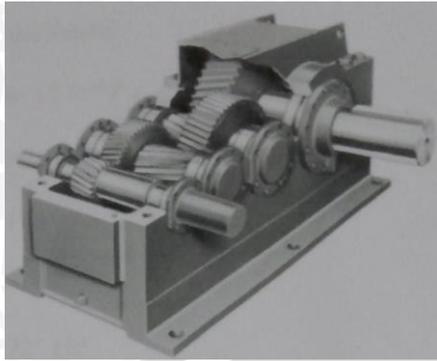
Motor listrik adalah alat yang digunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi energi mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut elektromagnet. Kutub-kutub dari magnet yang senama akan tolak-menolak dan yang senama akan tarik menarik. Maka akan diperoleh gerakan jika menempatkan sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar, dan magnet yang lain pada suatu kedudukan yang tetap. Berikut adalah Gambar 4.18 dari motor listrik yang digunakan.



Gambar 4.18 Motor Penggerak
Sumber: Data Unit Crusher

11. Reducer

Reducer adalah alat yang berfungsi untuk mentransmisikan putaran tinggi menjadi putaran rendah, sehingga motor yang memiliki putaran tinggi diubah pelan oleh reducer. Reducer yang dipakai pada Hammer mill dengan perbandingan 24:1 karena membutuhkan putaran pelan agar dapat putaran yang diharapkan.



Gambar 4.19 Reducer
Sumber: Data Unit Crusher

4.2.2 Hari Operasi Permesinan

Hari operasi permesinan yang telah dilakukan pada proses crusher pada Plan Tuban 1 sampai Tuban 4 pada bulan Januari – Desember 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1 Hari Operasi Permesinan Crusher 2014

BULAN	Hari Kerja	HOP (hari)			
		Plant Tuban1	Plant Tuban2	Plant Tuban3	Plant Tuban4
Jan	31	25	25	15	24
Feb	28	22	22	17	22
Mar	31	25	24	25	24
Apr	30	24	16	24	24
Mei	31	25	24	25	12
Jun	30	12	24	24	23
Jul	31	25	24	25	25
Ags	31	25	22	24	25
Sep	30	24	13	24	24
Okt	31	25	25	25	24
Nop	30	25	24	24	24
Des	31	25	23	23	25
Total	365	281	265	275	275

Sumber: Data Seksi Pengendalian Pemeliharaan

Dari total hari permesinan yang dilakukan tidak dapat memenuhi hari kerja kalender, hal ini dikarenakan pengurangan hari libur.

4.2.3 Jam Operasi Permesinan

Data waktu operasi yang telah direncanakan sudah dihitung oleh bagian perencanaan produksi bahan baku. Jam operasi permesinan crusher adalah 16 jam

selama satu hari. Waktu operasi yang terjadi sesungguhnya adalah waktu yang beroperasi mesin secara nyata. Berikut merupakan Tabel 4.2 yang akan menunjukkan jam operasi permesinan *crusher*:

Tabel 4.2 Jam Operasi Permesinan Crusher 2014

Bulan	JOP (jam)			
	Plant Tuban 1	Plant Tuban 2	Plant Tuban 3	Plant Tuban 4
JAN	239,27	192,25	148,73	225,72
FEB	195,98	179,90	177,92	232,19
MAR	229,98	135,16	285,19	273,47
APR	188,44	164,96	228,75	237,60
MAY	220,61	223,41	238,48	176,45
JUN	109,42	210,36	251,00	242,80
JUL	224,05	182,31	256,24	252,78
AUG	242,37	209,17	211,02	190,80
SEP	224,31	240,26	117,43	117,67
OCT	237,74	221,20	237,59	235,63
NOV	245,83	179,12	226,37	227,68
DEC	188,44	157,71	214,20	242,28
TOTAL	2546,44	2295,81	2592,92	2655,07

Sumber: Data Seksi Pengendalian Pemeliharaan

Dari data diatas dapat dilihat bahwa total waktu permesinan selama 1 tahun pada Plan Tuban 1 sebesar 2546,44 jam, Plan Tuban 2 sebesar 2295,8 jam, Plan Tuban 3 sebesar 2592,92 jam, dan Plan Tuban 4 sebesar 2655,07 jam. Plan Tuban 2 merupakan permesinan terendah dari rata-rata permesinan 4386 jam/plan.tahun. Hal ini tidak dapat memenuhi JOP yang direncanakan karena *unplan downtime* (inventory dan eksternal) maupun *unplan downtime* dari kerusakan mesin.

4.2.4 Data Estimasi Downtime

Estimasi *Downtime* adalah waktu yang direncanakan oleh departemen *maintenance* untuk melakukan koreksi terhadap mesin yang digunakan, hal ini dapat dinamakan *corrective maintenance*. Dari masing-masing Plan Tuban memiliki durasi Jam Operasi Permesinan *Corrective* yang berbeda-beda. Tabel 4.3 dapat menjelaskan *planned downtime* yang dilakukan oleh departemen *maintenance*.

Tabel 4.3 Estimasi *downtime* Crusher 2014 (jam)

Bulan	Plant Tuban 1	Plant Tuban 2	Plant Tuban 3	Plant Tuban 4
JOP Corection	1,52	1,56	1,63	1,5
Jan	38	39	24,45	36
Feb	33,44	34,32	27,71	33
Mar	38	37,44	40,75	36
Apr	36,48	24,96	39,12	36
Mei	38	37,44	40,75	18
Jun	18,24	37,44	39,12	34,5
Jul	38	37,44	40,75	37,5
Ags	38	34,32	39,12	37,5
Sep	36,48	20,28	39,12	36
Okt	38	39	40,75	36
Nop	38	37,44	39,12	36
Des	38	35,88	37,49	37,5
Total	428,64	414,96	448,25	414

Sumber: Data Seksi Pengendalian Pemeliharaan

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui jam operasi permesinan (JOP) korektif dari masing-masing plan berbeda-beda. Pada Plan Tuban 1 memiliki durasi *plan corrective maintenance* selama 1,52 jam/hari dari total JOP 16jam/hari yang direncanakan. Plan Tuban 1 mengalami *Planned downtime* selama 428,64 jam, Plan Tuban 2 selama 414,96 jam, Plan Tuban 3 selama 414,96 jam, dan Plan Tuban 4 selama 414 jam selama 1 tahun 2014.

4.2.5 Data Waktu *Downtime*

Waktu *downtime* adalah waktu yang seharusnya digunakan untuk melakukan proses produksi tetapi karena adanya kerusakan atau gangguan pada mesin mengakibatkan mesin tidak dapat melaksanakan proses produksi sebagaimana mestinya. Kerusakan yang menyebabkan *Downtime* dapat terlihat secara jelas karena terjadi kerusakan mengakibatkan tidak adanya output yang dihasilkan disebabkan mesin tidak berproduksi. Data waktu *downtime* dapat terlihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Durasi *Downtime* Crusher 2014

Bulan	Plant Tuban 1	Plant Tuban 2	Plant Tuban 3	Plant Tuban 4
Jan	36,42	52,12	32,65	174,87
Feb	40,32	34,22	108,23	220,8
Mar	37,75	38,9	11,92	44
Apr	42,25	32,67	70,88	2,33
May	118,82	110,85	80,72	50,73
Jun	66,97	64,52	48,28	1,13
Jul	52,18	47,2	61,23	5,33
Aug	21,45	97,42	20,72	23,4
Sep	25,72	98,78	109,42	15,8
Oct	32,45	104,5	76,52	12,27
Nov	67,12	101,68	70,28	16,53
Dec	52,2	120,38	55,1	53,93
Tahun Jalan	593,63	903,24	745,95	621,13

Sumber: Data Seksi Pengendalian Pemeliharaan

Dari data *downtime* diatas dapat dilihat bahwa *downtime* selama 1 tahun di Plan Tuban 1 sebesar 593,63 jam, Plan Tuban 2 sebesar 903,24 jam, Plan Tuban 3 sebesar 745,95 jam, dan Plan Tuban 4 sebesar 621,13 jam. Tingkat *downtime* terbesar terdapat pada Plan Tuban 2 dengan nilai 903,24 jam selama 1 tahun.

4.2.6 Data Produksi Batu Kapur

Data produksi *Limestone* dari mesin *crusher* di PT Semen Indonesia pabrik Tuban berbeda-beda untuk masing-masing plan. Kapasitas target produksi per jam adalah 1340tom/jam/plan. Berikut merupakan Tabel 4.5 yang menunjukkan data produksi batu kapur pada bulan Januari-Desember 2014 adalah:

Tabel 4.5 Data Produksi Batu Kapur (dalam ton) 2014

Bulan	Plant Tuban 1	Plant Tuban 2	Plant Tuban 3	Plant Tuban 4
Jan	329.640	314.410	207.162	288.279
Feb	259.107	318.380	256.540	275.762
Mar	361.560	377.618	421.420	222.563
Apr	272.590	330.288	335.130	274.971
May	324.150	251.280	342.160	370.785
Jun	153.320	230.421	354.380	322.879
Jul	327.440	371.819	369.989	298.186
Aug	354.334	86.892	308.730	358.316
Sep	329.920	163.444	163.184	219.499
Oct	335.450	336.304	330.995	360.949
Nov	351.440	322.239	331.270	326.650
Dec	368.470	342.943	307.490	283.512
Total	3.767.421	3.446.038	3.728.450	3.602.351

Sumber: Data Seksi Pengendalian Pemeliharaan

Dari Tabel 4.5 diatas dapat dilihat bahwa produksi batu kapur selama 1 tahun pada Plan Tuban 1 adalah 3.767.421 ton, Plan Tuban 2 sebesar 3446.038 jam, Plan Tuban 3 sebesar 3.728.450 jam, dan Plan Tuban 4 sebesar 3.602.351 ton. Output produksi paling rendah terdapat pada Plan Tuban 2 yaitu sebesar 3.446.038 ton/tahun. Sedangkan rata-rata produksi setiap bulannya adalah 300.505 ton/plan/tahun. Hal ini disebabkan karena *unplan downtime* kerusakan mesin yang mengakibatkan mesin terpaksa tidak berproduksi.

4.2.7 Data Kerusakan Komponen Mesin Crusher

Downtime yang terjadi pada proses produksi dibagi menjadi 3 bagian yaitu downtime operasional, mekanikal, dan elektrikal. *Downtime* mekanikal secara langsung dikarenakan kerusakan dari komponen yang bersangkutan sudah aus maupun terdapat faktor yang lainnya. Berikut ini adalah data kerusakan dari komponen Mesin Crusher, diantaranya terdapat 358 kerusakan yang menimbulkan downtime dari bulan Januari-Desember 2014. Pada Tuban 2 menimbulkan downtime selama 903,24 jam dan product losses sebesar 3.446.038 ton batu kapur.

Tabel 4.6 Data Kerusakan Komponen Mesin Crusher tahun 2014

NO	TANGGAL	EQUIP	MASALAH	START	SELESAI	DUR
1	03/01/2014	232FE1	Seal Bearing Hammer Bocor	8:37	8:49	0:12:00
2	03/01/2014	232FE2	Press. Oli sirkulasi drop	9:17	9:25	0:08:00
3	03/01/2014	232FE1	Sproket B. Plate kotor - tripped	11:12	11:27	0:15:00
4	03/01/2014	232FE1	Belt Terselip	17:14	17:39	0:25:00
5	04/01/2014	232FE2	Press. Oli sirkulasi drop	8:30	8:32	0:02:00
6	05/01/2014	232FE1	Sproket B. Plate kotor – tripped	9:30	9:40	0:10:00
7	05/01/2014	232FE1	Chain Wobbler loncat	15:14	15:46	0:32:00
8	05/01/2014	232FE1	Linkpin BK Putus	18:28	19:04	0:36:00
9	05/01/2014	232FE1	Sproket B. Plate kotor - tripped	11:12	11:31	0:19:00
...
105	15/04/2014	232FE1	Linkpin Modot	9:30	11:09	1:39:00
106	15/04/2014	232FE1	Hammer Mill Aus	11:28	12:08	0:40:00
...
124	04/05/2014	232FE1	Level SB error	13:13	13:25	0:12:00
125	04/05/2014	232FE1	H. Mill error	10:11	10:49	0:38:00
...
240	19/09/2014	232FE1	Wobler Feeder 19 putus	8:20	13:32:00	5:12:00
241	14/09/2014	232FE1	Tripper alarm MR	9:50	10:07:00	0:17:00
...
356	29/12/2014	232FE1	RTD H. Mill hunting	10:50	11:15	0:25:00
357	30/12/2014	232FE1	Besi tersensor MD	15:20	15:33	0:13:00
358	31/12/2014	232FE2	Problem motion	10:14	10:51	0:37:00

Sumber: Data Seksi Pengendalian Pemeliharaan

4.3 PENGOLAHAN DATA

Pengolahan data adalah tahap untuk mengolah data yang telah diperoleh sesuai dengan metode yang dijabarkan pada tinjauan pustaka. Pengolahan data diawali dengan perhitungan OEE, penentuan komponen prioritas dengan menggunakan diagram pareto untuk menentukan komponen prioritas dan penentuan interval pergantian komponen mesin crusher.

4.3.1 Perhitungan OEE

Perhitungan OEE bertujuan mengukur tingkat efektifitas pemakaian suatu peralatan yang ditinjau dari 3 komponen yaitu *Availability Rate*, *Performa Rate*, dan *Quality Rate*.

4.3.1.1 Perhitungan Nilai *Availability Rate* (A)

Availability adalah rasio waktu *operasional time* terhadap loading timenya. Untuk menghitung nilai *availability* digunakan rumus (Stephens, 2004:159) sebagai berikut:

$$\% \text{ Availability} = \frac{\text{Loading time} - \text{downtime}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

Loading time adalah waktu yang tersedia per hari atau per bulan dikurangi dengan *downtime* mesin yang direncanakan. Perhitungan *loading time* ini dapat dituliskan dengan formula matematika, sebagai berikut:

$$\text{Loading Time} = \text{Total Availability Time} - \text{Down Time}$$

Nilai *Availability* mesin crusher untuk bulan Januari - Desember 2014 di tuban 1 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 *Loading Time* Mesin Crusher (jam)

BULAN	<i>Loading Time</i>			
	Plan	Plan	Plan	Plan
	Tuban1	Tuban2	Tuban3	Tuban4
Jan	400	400	240	384
Feb	352	352	272	352
Mar	400	384	400	384
Apr	384	256	384	384
Mei	400	384	400	192
Jun	192	384	384	368
Jul	400	384	400	400
Ags	400	352	384	400
Sep	384	208	384	384
Okt	400	400	400	384
Nop	400	384	384	384
Des	400	368	368	400
Total	4512	4256	4400	4416

Sumber : Pengolahan data menggunakan microsoft Excel

Loading Time yang tersedia/ ditargetkan untuk proses permesinan cruseher belum optimal. Dari total hari di kalender dikurangi dengan hari libur besar/ libur Nasional.

Waktu operasi yang dijadwalkan adalah 16 jam/hari. Berikut adalah contoh perhitungan nilai *availability* pada Plan Tuban 1 bulan Januari 2014:

$$\text{Total Availability Time} = 25 \text{ hari} \times (16 \text{ jam/hari}) = 400 \text{ jam}$$

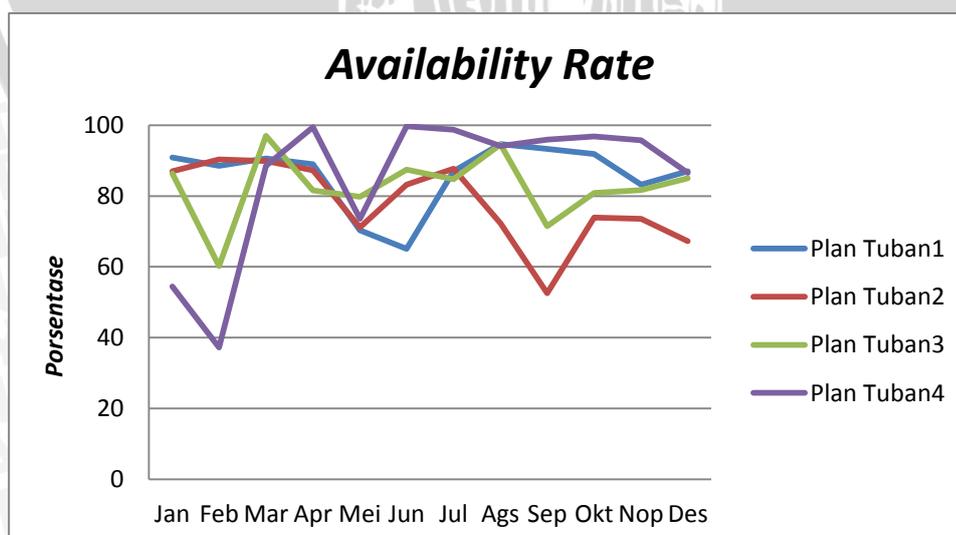
$$\text{Availability} = \frac{400 - 36,42}{400} \times 100\% = 90,9\%$$

Dengan perhitungan yang sama perhitungan nilai *Availability Time* akan ditampilkan pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 *Availability* Crusher (jam)

BULAN	Availability (%)			
	Plan	Plan	Plan	Plan
	Tuban1	Tuban2	Tuban3	Tuban4
Jan	90,90	86,97	86,40	54,46
Feb	88,55	90,28	60,21	37,27
Mar	90,56	89,87	97,02	88,54
Apr	89,00	87,24	81,54	99,39
Mei	70,30	71,13	79,82	73,58
Jun	65,12	83,20	87,43	99,69
Jul	86,96	87,71	84,69	98,67
Ags	94,64	72,32	94,60	94,15
Sep	93,30	52,51	71,51	95,89
Okt	91,89	73,88	80,87	96,80
Nop	83,22	73,52	81,70	95,70
Des	86,95	67,29	85,03	86,52
Rata-rata	85,95	77,99	82,57	85,06

Sumber : Pengolahan data menggunakan microsoft Excel



Gambar 4.20 Grafik nilai *Availability* mesin Crusher Tahun 2014

Sumber : Pengolahan data menggunakan microsoft Excel

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa nilai *availability* dari Plan Tuban 1 terendah terdapat pada bulan Juni dengan nilai 65,12 % dan bulan Mei sebesar 70,30% dengan rata-rata 85,95 %. Pada Plan Tuban 2 terendah terdapat pada bulan September dengan nilai 52,51 % dan bulan Desember dengan nilai 67,29 % sehingga memiliki rata-rata terendah yaitu sebesar 77,99 %. Plan Tuban 3 terendah terdapat pada bulan Februari dengan nilai 60,21 % dan bulan September dengan nilai 71,51 % sehingga memiliki rata-rata terendah yaitu sebesar 82,57 %. Demikian pula pada Plan Tuban 4 dengan rata-rata 85,06 %.

4.3.1.2 Perhitungan *Performa Rate* (PR)

Performance Rate atau efektivitas produksi (*production effectiveness*) bertujuan melihat efektivitas kegiatan produksi. Besar *performance rate* dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Stephen, 2004:160) sebagai berikut:

$$\text{Performance Rate (\%)} = \frac{\text{input} \times \text{ideal cycle time}}{\text{waktu operasi}} \times 100\%$$

Planned Downtime adalah siklus waktu proses yang diharapkan dapat dicapai dalam keadaan optimal tanpa mengalami hambatan. Pada mesin Crusher memiliki kapasitas produksi yang dihasilkan pada Tabel 4.5.

Target optimal mesin crusher dalam menghasilkan pecahan batu kapur adalah 1350 ton/ jam. Sedangkan waktu permesinan yang digunakan adalah 16 jam/hari. Maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Ideal Cycle Time mesin Crusher} = \frac{1 \text{ jam}}{\text{jumlah produksi}} = \frac{1 \text{ jam}}{1350 \text{ ton}} = 0,00074 \text{ jam/ton}$$

Operation Time adalah total waktu proses yang efektif. Dalam hal ini *operation time* adalah hasil pengurangan *loading time* dengan *downtime mesin*.

$$\text{Operating Time} = \text{Loading Time} - \text{downtime mesin}$$

Setelah diketahui nilai *ideal cycle time* dan *operating time* dapat digunakan untuk menghitung *performance rate* Berikut ini adalah contoh perhitungan *Performance Rate* pada bulan Januari Plan Tuban 1 tahun 2014:

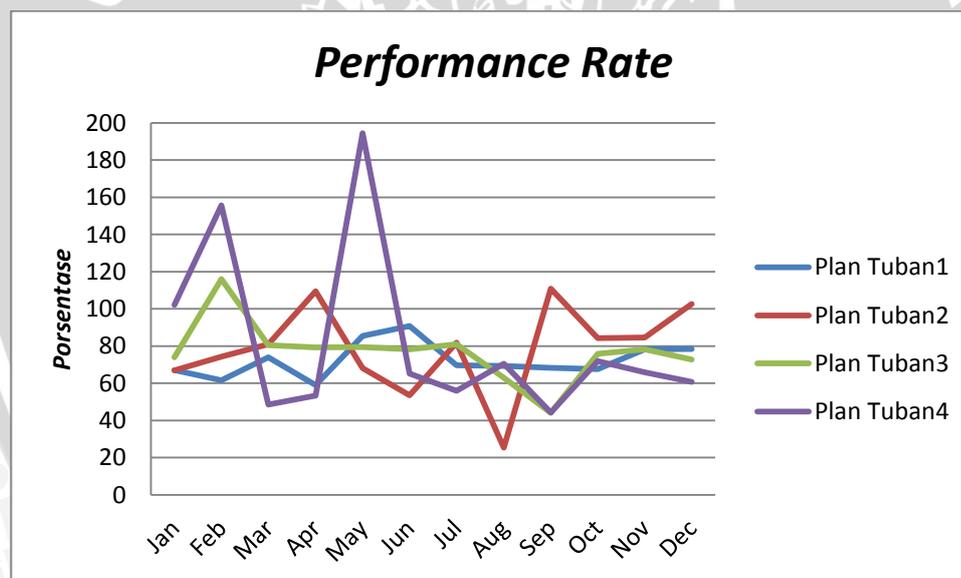
$$\text{Performance Rate (\%)} = \frac{329.640 \times 0,00074}{400 - 36,42} \times 100\% = 67,18\%$$

Berikut merupakan hasil perhitungan *performance rate* dapat dilihat pada Tabel 4.7 di bawah ini:

Tabel 4.9 Performance Rate Crusher

BULAN	Performa Rate(%)			
	Plan	Plan	Plan	Plan
	Tuban1	Tuban2	Tuban3	Tuban4
Jan	67,16	66,95	74,01	102,11
Feb	61,58	74,21	116,03	155,69
Mar	73,93	81,05	80,44	48,49
Apr	59,08	109,55	79,28	53,37
May	85,39	68,14	79,38	194,42
Jun	90,83	53,43	78,19	65,19
Jul	69,73	81,78	80,90	55,97
Aug	69,34	25,28	62,95	70,48
Sep	68,21	110,85	44,02	44,16
Oct	67,60	84,30	75,79	71,93
Nov	78,20	84,55	78,22	65,85
Dec	78,48	102,59	72,79	60,68
Rata-rata	72,46	78,56	76,83	82,36

Sumber : Pengolahan data menggunakan microsoft Excel



Gambar 4.21 Grafik nilai Performance Rate mesin Crusher Tahun 2014

Sumber : Pengolahan data menggunakan microsoft Excel

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa nilai *performance rate* dari Plan Tuban 1 terendah terdapat pada bulan April dengan nilai 59,08 % dan bulan Februari sebesar 61,58 % dengan rata-rata 72,46 %. Pada Plan Tuban 2 terendah terdapat pada bulan Agustus dengan nilai 25,28 % dan bulan Juni dengan nilai 53,43 % sehingga memiliki rata-rata terendah yaitu sebesar 78,58%. Plan Tuban 3 terendah terdapat pada bulan September dengan nilai 44,02 % dan bulan Agustus dengan nilai 62,95% sehingga

memiliki rata-rata terendah yaitu sebesar 76,83%. Demikian pula pada Plan Tuban 4 dengan nilai 82,36%.

4.3.1.3 Perhitungan *Quality Rate* (QR)

Quality Rate adalah rasio produk yang baik (*good product*) yang sesuai dengan spesifikasi kualitas produk yang ditentukan terhadap jumlah produk yang diproses (Hatugaol, 2010:77). Sehubungan dengan produk yang diproduksi adalah pecahan batu kapur, maka dalam perhitungan *quality rate* ini departemen maintenance mesin crusher menetapkan nilai *defect* sebesar 1% dari jumlah input yang diproduksi. Defect pada proses penghancuran batu kapur diasumsikan dengan hilangnya material karena menjadi debu/ losses pada saat terhantam Hammer mill. Perhitungan nilai *Quality Rate* dapat menggunakan rumus dibawah ini:

$$\text{Rate of Quality (\%)} = \frac{\text{input} - \text{quality defect}}{\text{production input}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan pada bulan Januari Plan Tuban 1 mendapatkan input 329.640 ton dalam sebulan. Defect dapat dihitung dengan $1\% \times 329.640$ ton.

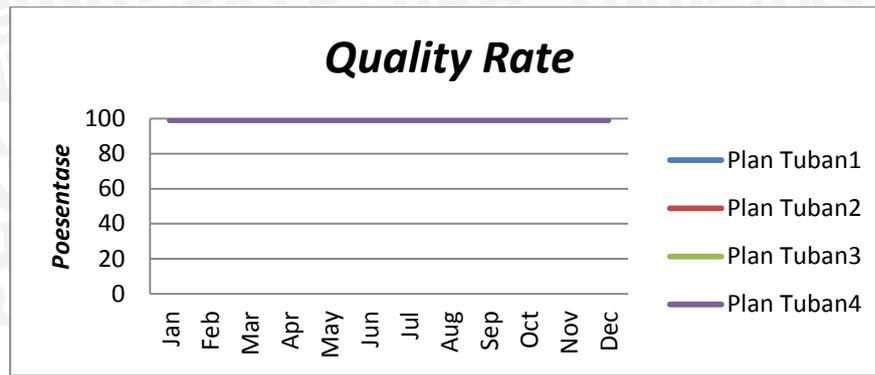
$$\text{Rate of Quality (\%)} = \frac{329.640 - (329.640 \times 0,01)}{329.640} \times 100\% = 99\%$$

Dengan menggunakan rumus yang sama untuk menghitung *quality rate* produk dari mesin crusher bulan Januari-Desember 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.8 sebagai berikut:

Tabel 4.10 *Quality Rate* Crusher (ton)

BULAN	<i>Quality Rate</i> (%)			
	Plan	Plan	Plan	Plan
	Tuban1	Tuban2	Tuban3	Tuban4
Jan	99	99	99	99
Feb	99	99	99	99
Mar	99	99	99	99
Apr	99	99	99	99
May	99	99	99	99
Jun	99	99	99	99
Jul	99	99	99	99
Aug	99	99	99	99
Sep	99	99	99	99
Oct	99	99	99	99
Nov	99	99	99	99
Dec	99	99	99	99
Rata-rata	99	99	99	99

Sumber : Pengolahan data menggunakan microsoft Excel



Gambar 4.22 Grafik nilai *Quality Rate* mesin Crusher Tahun 2014
Sumber : Pengolahan data menggunakan microsoft Excel

Berdasarkan Tabel 4.9 diatas dapat dilihat bahwa nilai *quality rate* dari Plan Tuban 1 sampai Plan Tuban 4 adalah sama yaitu 99 %. Hal ini sudah menjadi kebijakan dari perusahaan dikarenakan pada operasi crusher tidak bisa dihitung secara detail defect yang dihasilkan.

4.3.1.4 Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Setelah nilai *availability*, *performance rate*, dan *quality rate* pada mesin crusher diperoleh maka dilakukan perhitungan nilai *overall equipment effectives* (OEE) untuk mengetahui besarnya efektivitas penggunaan pada mesin crusher di PT. SI Pabrik Tuban. Perhitungan OEE adalah perkalian dari nilai *availability*, *performance rate*, dan *quality rate* yang diperoleh.

$$\text{OEE (\%)} = \text{Availibility Rate} \times \text{Performance Rate} \times \text{Rate of Quality}$$

Contoh perhitungan untuk bulan Januari Plan Tuban 1 adalah:

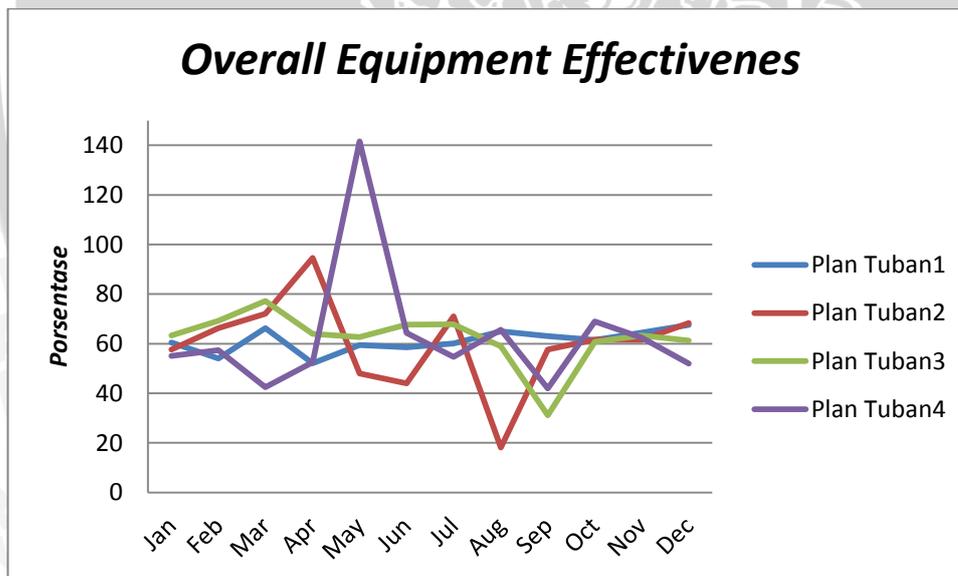
$$\text{OEE (\%)} = (90,90 \times 67,16 \times 99) \% = 60,43\%$$

Dengan menggunakan rumus yang sama untuk menghitung OEE dari mesin crusher bulan Januari-Desember 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.8 sebagai berikut:

Tabel 4.11 Overall Equipment Effectiveness (OEE) Crusher Periode Januari-Desember 2014

BULAN	Overall Equipment Effectiveness (%)			
	Plan Tuban1	Plan Tuban2	Plan Tuban3	Plan Tuban4
Jan	60,43	57,64	63,30	55,05
Feb	53,98	66,33	69,17	57,45
Mar	66,29	72,11	77,26	42,50
Apr	52,06	94,61	64,00	52,51
May	59,43	47,99	62,73	141,62
Jun	58,56	44,00	67,68	64,34
Jul	60,03	71,01	67,83	54,67
Aug	64,96	18,10	58,96	65,69
Sep	63,01	57,62	31,16	41,92
Oct	61,50	61,66	60,68	68,93
Nov	64,43	61,54	63,26	62,38
Dec	67,55	68,34	61,28	51,98
Rata-rata	61,02	60,08	62,28	63,25

Sumber : Pengolahan data menggunakan microsoft Excel



Gambar 4.23 Grafik nilai OEE mesin Crusher Tahun 2014

Sumber : Pengolahan data menggunakan microsoft Excel

Berdasarkan Tabel 4.9 diatas dapat dilihat bahwa nilai OEE belum ada yang memenuhi standart JIPM OEE sebesar 85%. Plan Tuban 1 Dengan rata-rata sebesar 61,02 %. Pada Plan Tuban 2 hanya pada bulan april yang mendekati standart yaitu sebesar 94,61 % dengan rata-rata tahun jalan sebesar 60,08 %. Plan Tuban 3 juga tidak ada yang memenuhi standar JIPM yaitu dengan rata-rata tahun jalan sebesar 62,68 %. Sehingga

dapat disimpulkan Plan Tuban 2 memiliki efektifitas penggunaan mesin crusher paling rendah yaitu sebesar 60,08 % pada tahun 2014.

4.3.2 Penentuan Komponen Kritis

Dari hasil nilai OEE Tuban 1 sampai Tuban 4 didapatkan nilai rata2 OEE terendah terdapat pada Plant Tuban 2. Selanjutnya penentuan mesin kritis dilakukan berdasarkan frekuensi kerusakan tertinggi yang terjadi selama satu tahun. Penentuan mesin kritis ini dengan menggunakan diagram pareto. Kerusakan mesin yang terjadi dapat disebabkan dari segi mekanikal maupun kegiatan operasional pada saat proses permesinan. Berdasarkan diagram pareto diketahui bahwa mesin kritis yang terdapat pada Mesin *Crusher* Tuban 2 dapat dilihat pada Tabel 4.12 Sebagai berikut.

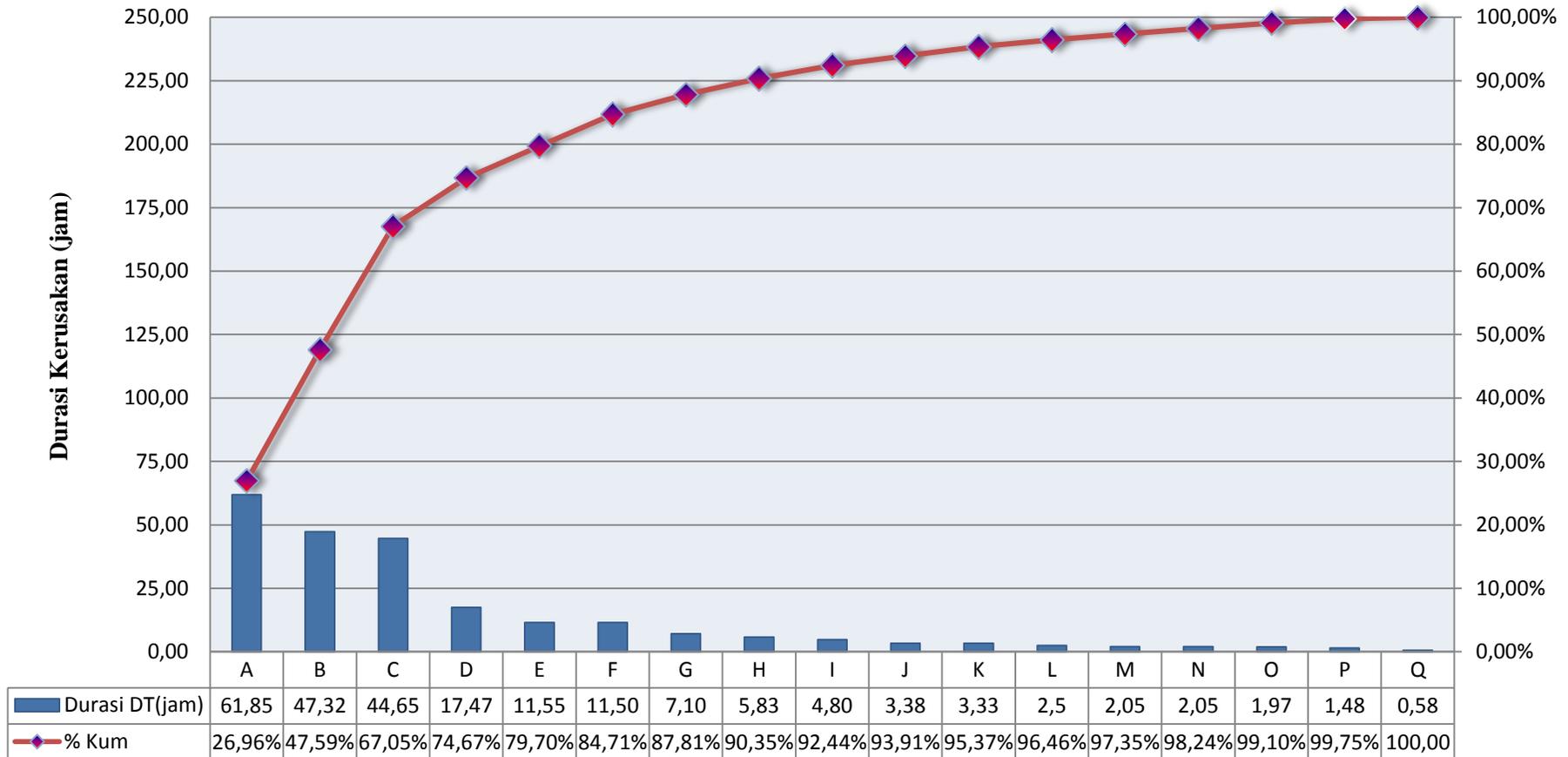
Tabel 4.12 Kerusakan Mesin Crusher Tuban 2 Periode Januari-Desember 2014

No	Kerusakan	Frekuensi	Durasi DT(jam)
1.	Wobbler Bar no.19 Putus	12	61,85
2.	Hammer Mill Patah	17	47,32
3.	Sproket B. Plate Macet	45	44,65
4.	Linkpin Breaker Putus	38	17,47
5.	Seal Bearing Hammer Mill bocor	9	11,82
6.	Reducer Pecah	16	11,58
7.	Sproket Head Apron Putus	2	7,10
8.	Hammer Vibrasi Tinggi	11	5,83
9.	Belt Mengelupas	11	4,80
10.	Baut Flandes Body Hammer Lepas	5	3,38
11.	V-Belt ClayRetak Putus	4	3,33
12.	Bearing Fan Looses	1	2,5
13.	Chain Wobler Lepas	4	2,05
14.	Chain Scapper Apron Putus	1	2,05
15.	Alarm Metal Detector not Ready	2	1,97
16.	Baut Strength Roll Apron Putus	1	1,48
17.	Kabel Breaker Plate Putus	1	0,58
	TOTAL Downtime	180	229,41

Sumber : Pengolahan data menggunakan microsoft Excel

Dari Tabel diatas dapat dibuat diagram pareto dengan menggunakan *Software Minitab* 16 didapatkan hasil sebagai berikut:

Pareto Chart Kerusakan Mesin Crusher Tuban 2 Tahun 2014



Gambar 4.24 Diagram Pareto Kerusakan Mesin Crusher Tuban 2 Tahun 2014

Sumber : Pengolahan data menggunakan microsoft Excel

Keterangan:

No	Keterangan	No	Keterangan
A	Wobbler Bar no.19 Putus	J	Baut Flandes Body Hammer Lepas
B	Hammer Mill Aus/Putus	K	V-Belt ClayRetak Putus
C	Sproket B. Plate Tripped	L	Bearing Fan Looses
D	Linkpin Breaker Plate Putus	M	Chain Wobbler Lepas
E	Seal Bearing Hammer Mill bocor	N	Chain Scapper Apron Putus
F	Reducer Pecah	O	Alarm Metal Detector not Ready
G	Sproket Head Apron Putus	P	Baut Strength Roll Apron Putus
H	Hammer Vibrasi Tinggi	Q	Kabel Breaker Plate Putus
I	Belt Mengelupas		

Berdasarkan diagram pareto diatas dapat diketahui bahwa komponen kritis yang menimbulkan *downtime* terbesar pada Mesin Crusher PT SI Plan Tuban 2 tahun 2014 adalah Wobbler Bar no.19 mengalami kerusakan yaitu putus dengan total *downtime* sebesar 61,85 jam, Hammer Mill pada proses operasi aus sehingga diperlukan pergantian yang membutuhkan waktu yang lama dengan total 47,32 jam, Sproket Breakrer Plate Tripped hal ini disebabkan shaft sproket kotor sehingga diperlukan pembersihan yang rutin dengan total *downtime* sebesar 44,65 jam, Linkpin Breaker putus dengan total *downtime* sebesar 17,47 jam, Seal Bearing Hammer Mill Bocor dengan total *downtime* sebesar 11,817, dan Reducer Pecah dengan nilai *downtime* sebesar 11,583 jam, dan seterusnya sesuai dengan Tabel 4.11.

4.3.3 Analisis Penyebab Kerusakan Komponen Kritis

Analisa penyebab kerusakan menggunakan analisa fishbone diagram. Metode ini dipilih karena sudah dapat mengidentifikasi faktor penyebab kerusakan komponen meliputi dari sisi Alat, Bahan, Manusia, Lingkungan, Metode, dan Material.

4.3.3.1 Wobbler Feeder no 19

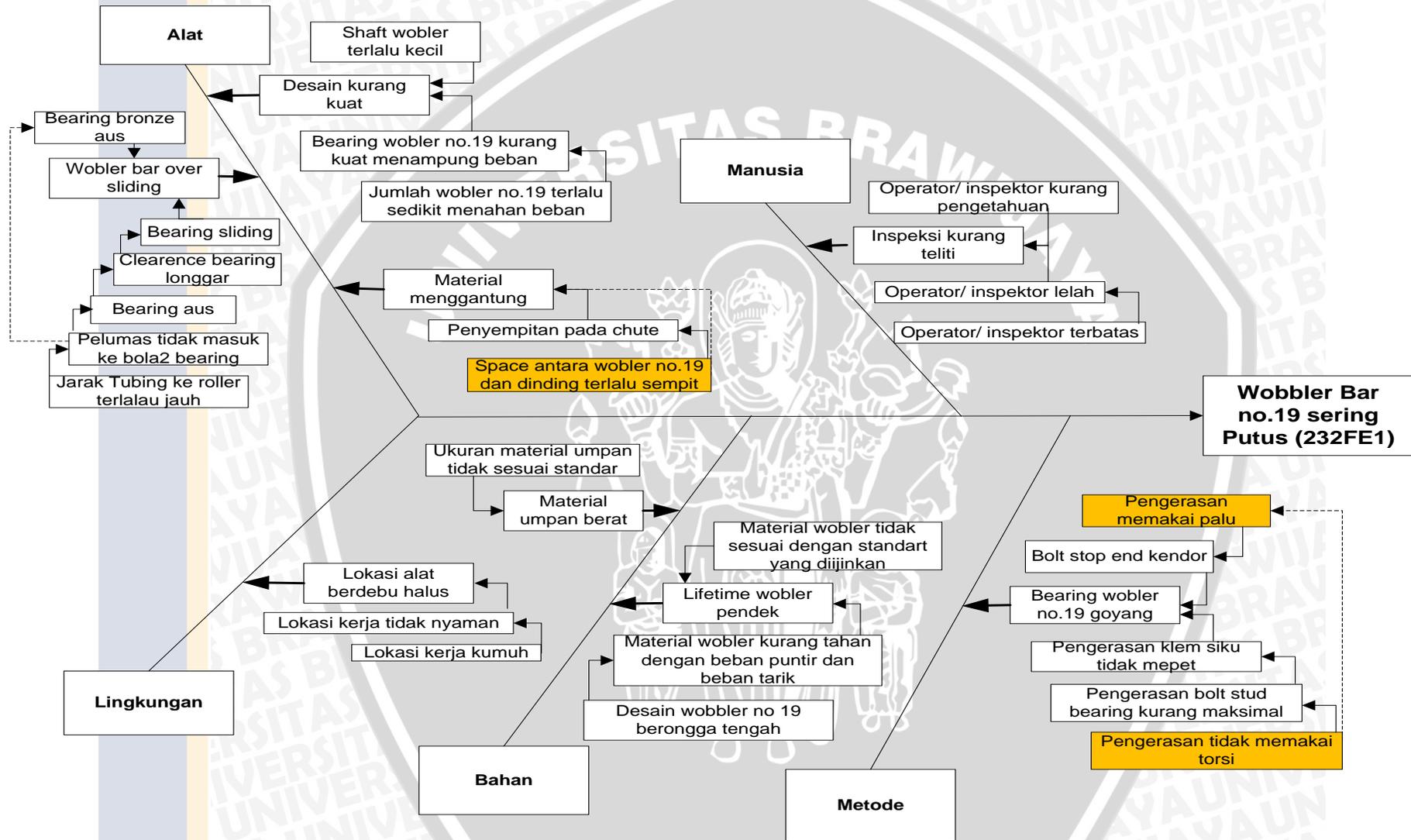
Wobbler Feeder no 19 sering putus dengan total downtime sebesar 61,85 jam disebabkan oleh beberapa hal, dari alat dikarekanan desain kurang kuat, material menggantung sehingga space antara wobbler no 19 dan dinding hopper terlalu sempit, wobbler bar juga over sliding disebabkan clearance bearingnya longgar dan jarak antara tubing ke roller terlalu jauh. Dari sisi bahan didapatkan nilai lifetime wobbler terlalu pendek, hal ini disebabkan karena material wobbler kurang tahan dengan beban puntir dan beban tarik, desain wobbler yang berongga tengah dan menerima umpan yang terlalu berat.

Dari sisi metode proses permesinan bearing selalu goyang dikarekan pengerasan klem siku tidak mepet, pengerasan bolt stud kurang maksimal dan tidak memakai torsi. Dari sisi Lingkungan fungsi WF memang sebagai transport batu kapur dari hopper menuju hammer mill dimana batu kapur ukuran besar dan kecil masih bercampur jadi satu sehingga banyak debu halus yang menyebabkan okasi kumuh dan tidak nyaman. Dari sisi manusia, inspector kurang telit dengan lifetime wobbler dikarenakan kurang berpengalaman dengan pengetahuan yang kurang.

Berdasarkan hasil diskusi dengan operator perawatan mesin Crusher didapatkan penyebab potensial kerusakan wobbler feeder no 19 dikarenakan space antara wobbler feeder no 19 dan dinding terlalu sempit sehingga dapat menimbulkan penyempitan pada chute dan akhirnya material menggantung dari hopper dan menimpa wobbler no 19. Selain itu dari sisi metode pengerasan kunci menggunakan palu dan tidak menggunakan torsi, hal ini dapat menimbulkan bolt stop end kendor dan bearing wobbler no 19 goyang. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram fishbone berikut ini:



Wobler Feeder no 19 Sering Putus

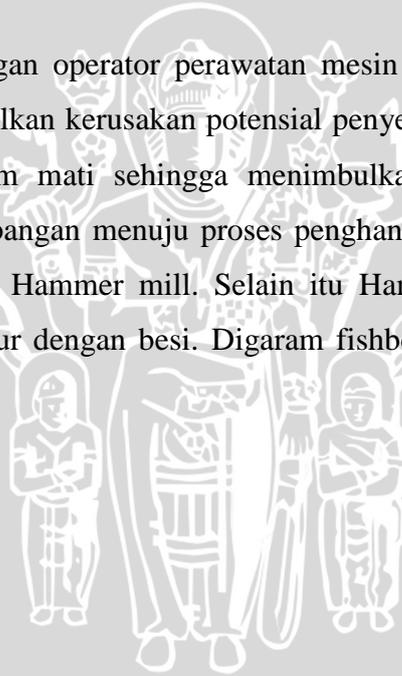


4.3.3.2 Hammer Mill

Hammer Mill aus dengan total downtime sebesar 47,32 jam disebabkan oleh beberapa faktor. Dari sisi alat dimungkinkan material ada yang bercampur dengan bongkahan besi yang berasal dari pertambangan batu kapur dari pegunungan dan sensor logam pada belt conveyor tidak berfungsi/mati sehingga material yang dihancurkan oleh hammer dapat mengakibatkan kerusakan pada permukaan hammer mill. Dari sisi Bahan dikarenakan menahan impact terlalu besar sehingga benturan pada permukaan Hammer dapat mempercepat keausan dinding hammer itu sendiri.

Dari sisi lingkungan dikarenakan material batu kapur mengandung air 80% sehingga pada saat proses penghancuran dapat mempercepat proses korosi pada hammer mill. Inspektor kurang teliti karena kurang pengetahuan tentang lifetime Hammer mill dan belum ada penelitian mengenai besar impact maksimal yang harusnya diterima oleh hammer mill.

Berdasarkan hasil diskusi dengan operator perawatan mesin Crusher didapatkan penyebab kerusakan yang menimbulkan kerusakan potensial penyebab downtime. Dari sisi alat dikarenakan sensor logam mati sehingga menimbulkan campuran logam terbawa belt conveyor dari pertambangan menuju proses penghancuran Hammer mill. Hal ini dapat merusak permukaan Hammer mill. Selain itu Hammer mill menahan impact terlalu besar karena terbentur dengan besi. Digaram fishbonenya dapat dilihat pada gambar berikut ini:

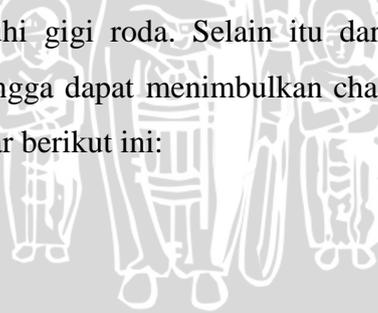


4.3.3.3 Sprocket Breaker Plate

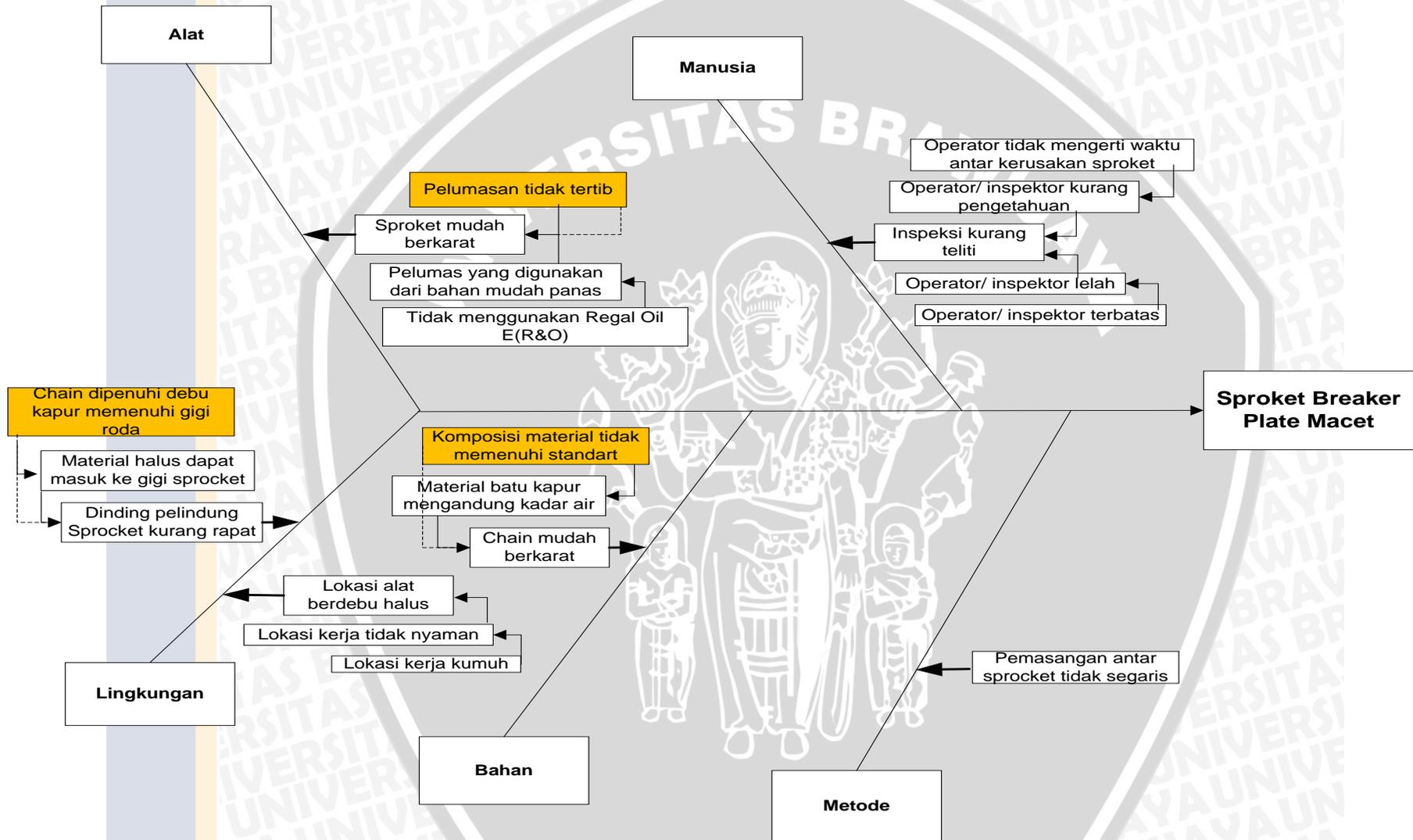
Sprocket Breaker Plate Macet dengan total downtime sebesar 44,65 jam selama satu tahun disebabkan oleh beberapa hal. Dari sisi alat sproket memang cepat berkarat dikarenakan pelumas yang digunakan dari bahan yang mudah panas karena tidak menggunakan oli Regal Oil E(R&O), proses pelumasan dari roller bearing juga tidak rutin terkadang macet karena kehabisan oli dan harusnya dilakukan setiap 48 jam sekali. Dari sisi bahan, chain dari sprocket mudah berkarat dikarenakan material batu kapur mengandung air sehingga percikan air dapat mempercepat proses korosi pada chain sproket.

Dari sisi Metode dimungkinkan pemasangan sproket tidak segaris sehingga karena tekanan penghancuran batu kapur yang menimbulkan gaya besar mengakibatkan sproket tidak segaris. Dari sisi lingkungan, dinding sproket seharusnya diberi pelindung khusus sehingga material halus tidak dapat masuk pada sproket maupun chain. Dari sisi manusia, belum ada yang mendesain ulang penutup sproket pada mesin crusher sehingga sproket belum tertutup secara aman.

Berdasarkan hasil diskusi dengan operator perawatan mesin Crusher didapatkan penyebab kerusakan yang menimbulkan kerusakan potensial penyebab *downtime*. Dari sisi alat dikarenakan pelumasan tidak tertib sehingga menimbulkan sproket mudah berkarat. Dari sisi lingkungan driven sproket tidak ditutup secara aman, sehingga chain dipenuhi debu kapur yang memenuhi gigi roda. Selain itu dari bahan materialnya sendiri mengandung banyak air sehingga dapat menimbulkan chain berkarat. Diagram fishbonenya dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Sproket Breaker Plate Macet



4.3.3.4 Linkpin Breaker Plate Putus

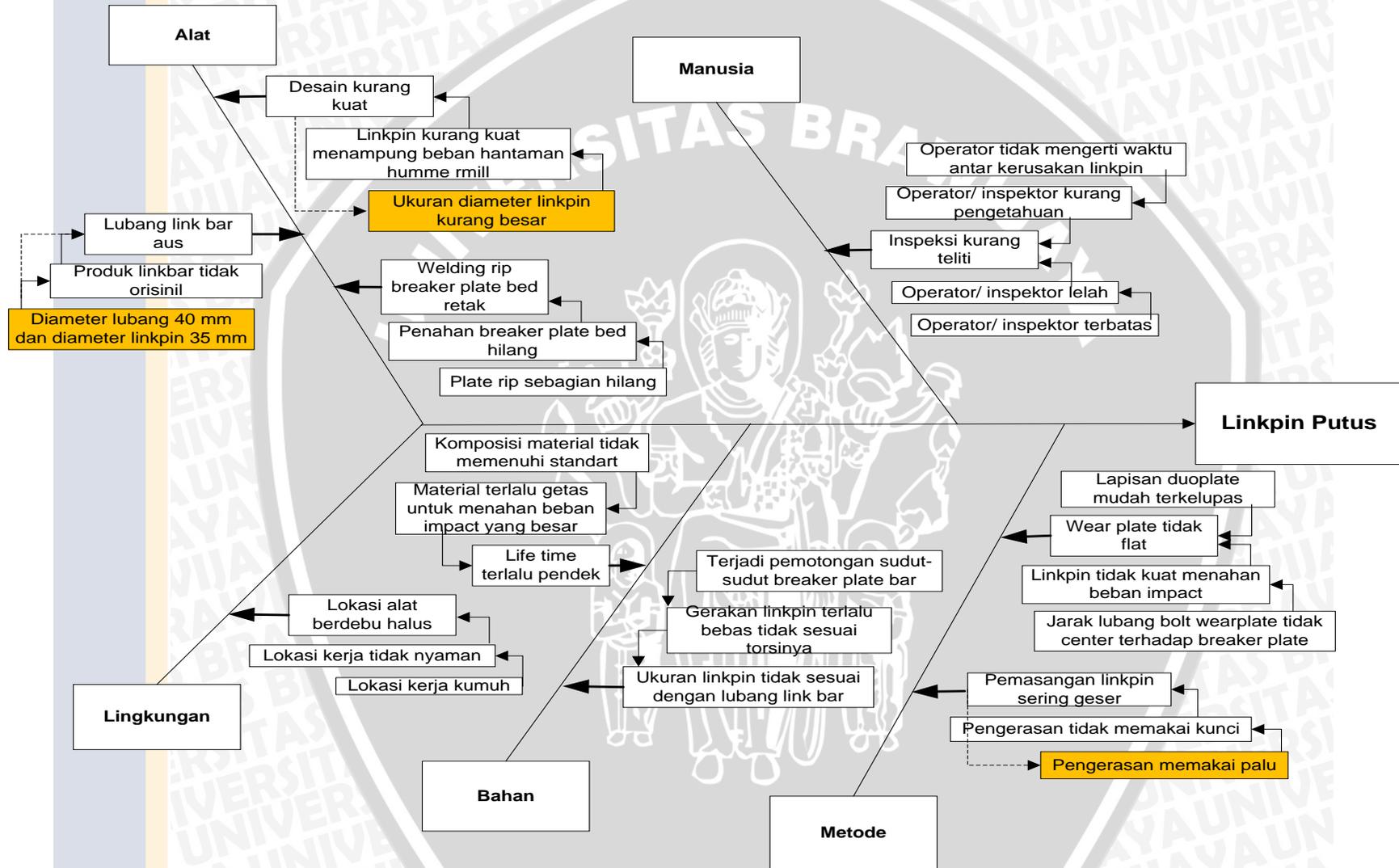
Linkpin Breaker Plate Putus dengan total downtime sebesar 17,47 jam selama satu tahun disebabkan oleh beberapa faktor. Dari sisi alat desain dari linkpin sendiri yang kurang kuat menampung beban hantaman hammer mill, ukuran diameter linkpin kurang besar. Selain itu lubang linkbar aus karena lubang linkbar yang seharusnya 40 mm, akan tetapi diameter linkpin 35 mm, Welding rip breaker plate juga retak karena sebagian plate ripnya hilang.

Dari sisi bahan ukuran linkpin yang tidak sesuai dengan linkbar mengakibatkan gerakan linkpin terlalu bebas tidak sesuai torsinya sehingga mengakibatkan potongan sudut pada breaker plate, selain itu lifetime linkpin yang terlalu pendek sekitar 2/3 bulan juga mengakibatkan cepat putus karena material terlalu getas untuk menahan beban impact yang besar dan komposisi material tidak memenuhi standart. Dari sisi Metode, pemasangan wear plate tidak flat, sehingga jarak antara wearplate tidak center terhadap breaker plate, selain itu disebabkan pengerasan linkpin tidak memakai torsi tetapi cukup dikencangkan dengan menggunakan palu.

Dari sisi lingkungan dikarenakan alat berkontraksi dengan debu halus sehingga apabila terjadi endapan batu kapur dapat menimbulkan kemacetan pada perputaran breaker plate. Dari sisi manusia seharusnya ada penelitian tentang lifetime komponen linkpin dan segera diajukan ke capex yang memilihi lifetime 1 tahun.

Berdasarkan hasil diskusi dengan operator perawatan mesin Crusher didapatkan penyebab kerusakan yang menimbulkan kerusakan potensial penyebab *downtime*. Dari sisi alat ukuran diameter linkpin kurang besar sehingga linkpin kurang kuat menampung beban hantaman Hammer mill dan mudah putus, selain itu diameter linkpin kurang sesuai yaitu diameter lubang 40 mm dan diameter linkpin 35 mm mengakibatkan lubang linkpin mudah aus. Dari sisi metode linkpin yang geser sering dikencangkan dengan menggunakan palu dan tidak menggunakan kunci. Berikut diagram fishbone dari linkpin.

Linkpin Breaker Plate Putus



4.3.3.5 Seal Bearing Hammer Mill Bocor

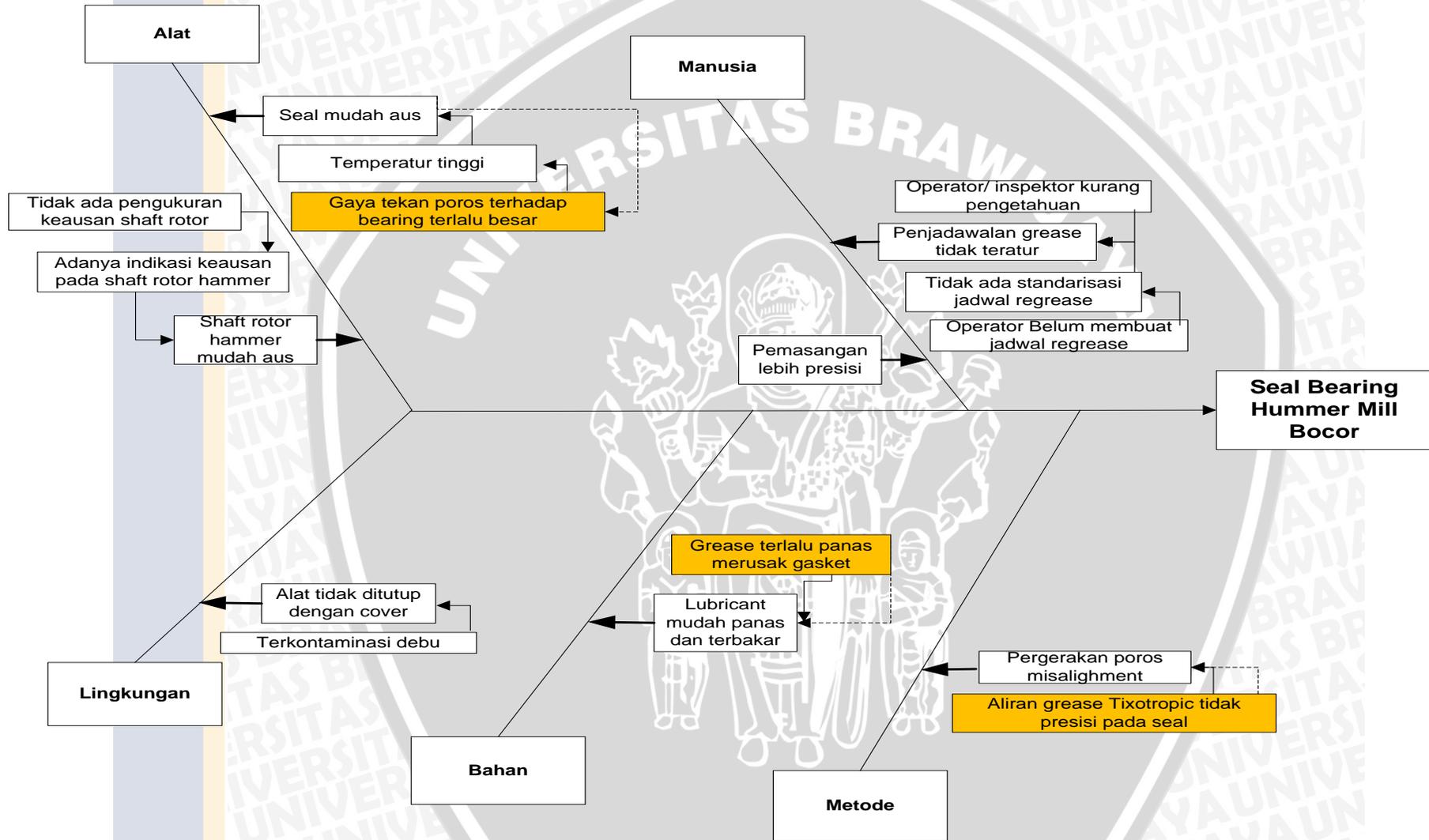
Seal Bearing Hammer mill Bocor dengan total downtime sebesar 11,82 jam disebabkan oleh beberapa faktor. Dari sisi alat Shaft rotor hammer mudah aus dikarenakan bearing yang digunakan jenis FAG roller bearing 23168 cack. Gaya tekan poros pada dinding seal terlalu besar sehingga dapat menerima resultan terlalu besar dan seal mudah aus. Dari sisi bahan grease yang digunakan juga mudah panas sehingga cepat merusak gasket dan akhirnya bocor.

Dari sisi metode gerak poros lebih condong ke arah bearing sehingga aliran tixotropic tidak presisi dengan seal. Dari sisi lingkungan disebabkan alat berkontaminasi dengan debu halus seharusnya diberikan penutup khusus yang dapat melindungi seal. Dari sisi manusia disebabkan penjadwalan regrease yang belum optimal harusnya dilakukan setiap 48 jam sekali atau bisa juga dengan mengganti oli yang digunakan agar tidak cepat panas dan rembes.

Berdasarkan hasil diskusi dengan operator perawatan mesin Crusher didapatkan penyebab kerusakan yang menimbulkan kerusakan potensial penyebab *downtime*. Dari sisi alat dikarenakan gaya tekan poros terhadap bearing terlalu besar sehingga temperatur grease menjadi panas dan mudah terbakar seal mudah aus. Selain itu dari sisi metode pemasangan seal kurang presisi sehingga pergerakan tixotripoid missalighment. Berikut ini adalah gambar dari diagram fishbone seal bearing bocor.



Seal Bearing Hammer Mill Bocor

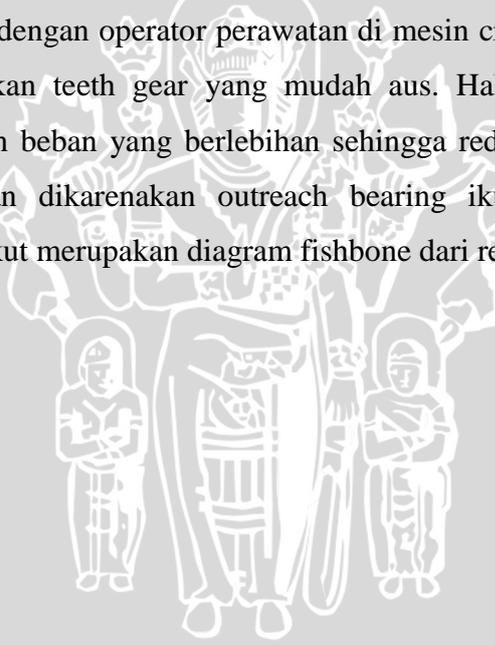


4.3.3.6 Reducer pecah

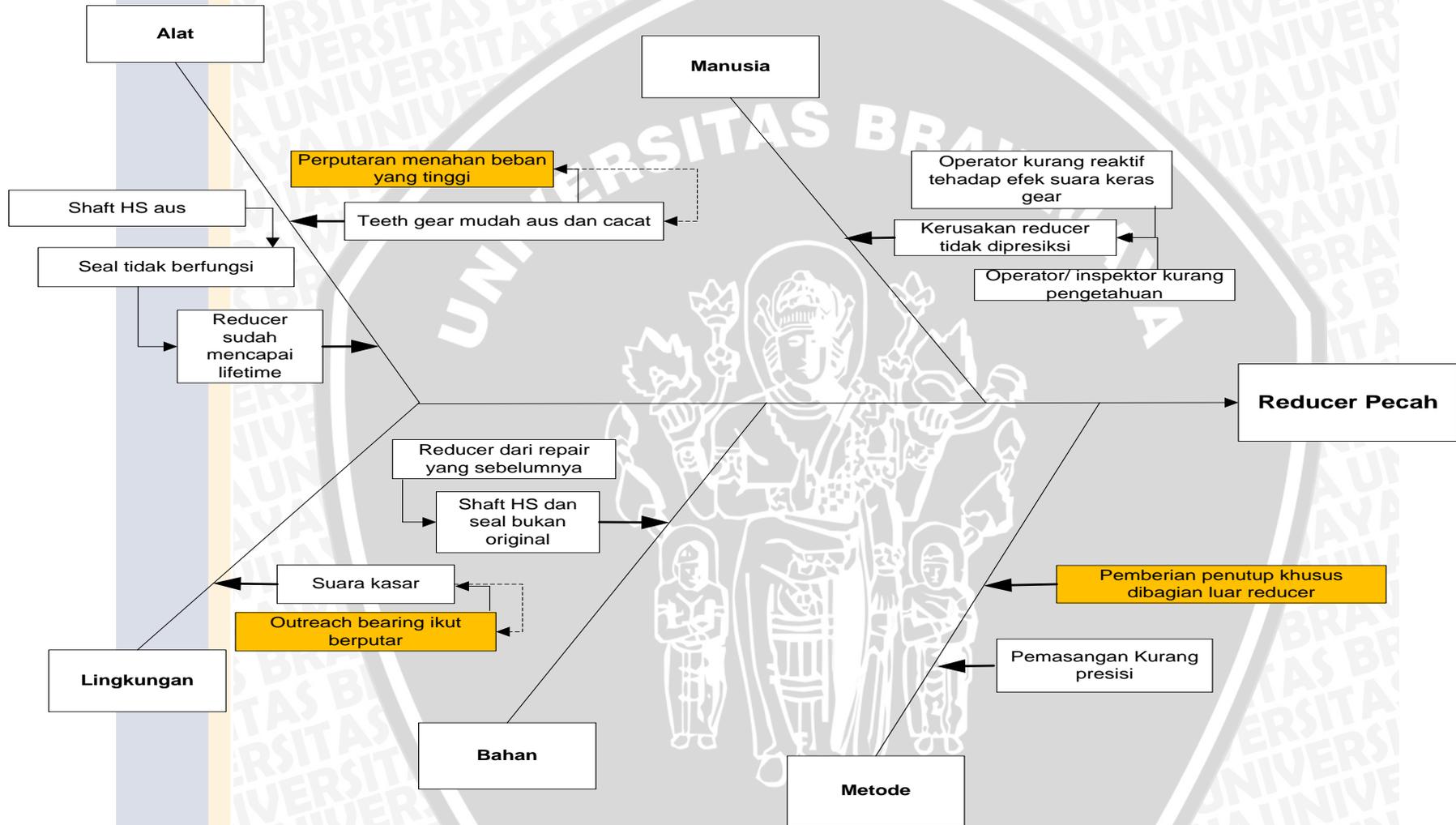
Reducer pecah pada bagian yang lurus dengan total downtime sebesar 11,58 jam selama 1 tahun. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal. Dari sisi alat reducer memang menggunakan repair dari reducer sebelumnya yang didesain ulang dan dan digunakan lagi hingga rusak. Pada bagian ulir lurus teeth gearnya mudah aus dikarenakan menahan perputaran yang begitu besar sehingga shaft HS aus dan seal tidak berfungsi. Dari sisi bahan yang digunakan Shaft HS yang digunakan seal bukan original sehingga nilai lifetime dipastikan terlalu pendek.

Dari sisi lingkungan suara kasar yang disebabkan oleh reducer dapat menimbulkan outreach bearing juga ikut berputar. Dari sisi manusia operator kurang teliti pada lifetime reducer dan kurang rekatif pada suara yang ditimbulkan reducer sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada gear. Dan seharusnya segera diajukan anggaran pembelian reducer baru dikarenakan harganya yang mahal dan proses order yang lama.

Berdasarkan hasil diskusi dengan operator perawatan di mesin crusher, penyebab utama reducer pecah dikarenakan teeth gear yang mudah aus. Hal ini disebabkan putaran dari gear lurus menahan beban yang berlebihan sehingga reducer bisa pecah. Selain itu dari sisi lingkungan dikarenakan outreach bearing ikut berputar dan menimbulkan suara keras. Berikut merupakan diagram fishbone dari reducer pecah.



Reducer Pecah



4.3.4 Penentuan *Time To Failure* (TTF) dan Distribusi Kerusakan Komponen Kritis

Berikut ini adalah perhitungan dari *time to failure* dari komponen kritis Mesin *Crusher* yang memproduksi batu kapur dari bulan Januari-Desember 2014.

4.3.4.1 Perhitungan *Time To Failure* (TTF) Komponen Wobbler Feeder nomer 19

Berikut ini adalah perhitungan dari *time to failure* dari Wobbler Feeder no 19 yang akan ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.13 Kerusakan Mesin *Crusher* Tuban 2 Periode Januari-Desember 2014

TANGGAL	MASALAH	Start	Selesai	DUR	DUR (jam)	TTF
06/01/2014	Wobbler Bar 19 Putus	8:24	16:07	7:43:00	7,717	
07/02/2014	Wobbler Bar 19 Putus	15:20	22:15	6:55:00	6,917	767,13
16/02/2014	Wobbler Bar 19 Putus	9:28	16:24	6:56:00	7,933	203,13
24/02/2014	Wobbler Bar 19 Putus	9:55	11:02	1:07:00	1,117	185,31
12/03/2014	Wobbler Bar 19 Putus	11:20	17:24	6:04:00	6,067	384,18
26/04/2014	Wobbler Bar 19 Putus	9:13	10:08	0:55:00	0,917	1071,49
27/04/2014	Wobbler Bar 19 Putus	13:15	14:12	0:57:00	0,950	27,07
31/05/2014	Wobbler Bar 19 Putus	9:13	16:25	7:12:00	7,200	811,01
02/06/2014	Wobbler Bar 19 Putus	13:30	18:03	4:33:00	4,550	45,05
09/07/2014	Wobbler Bar 19 Putus	14:22	20:20	5:58:00	5,967	884,19
19/09/2014	Wobbler Bar 19 Putus	8:20	13:32	5:12:00	5,200	1716
13/10/2014	Wobbler Bar 19 Putus	9:12	16:31	7:19:00	7,317	571,4

Sumber : Pengolahan data Penulis

Contoh dari perhitungan TTF komponen Wobbler Feeder pada tanggal 06/01/2014, terdapat 32 hari menuju kerusakan selanjutnya yaitu tanggal 07/02/2014. Menurut kurva bathtub curve standar waktu antar kerusakan apabila mesin tidak beroperasi maka akan dihitung selama 24 jam. Kerusakan pada tanggal 06/01/2014 pada pukul 16.07 dan terdapat kerusakan pada tanggal 07/02/2014 mulai pukul 15.20. Maka waktu antar kerusakannya adalah 767,36 jam, demikian seterusnya untuk cara perhitungan yang sama.

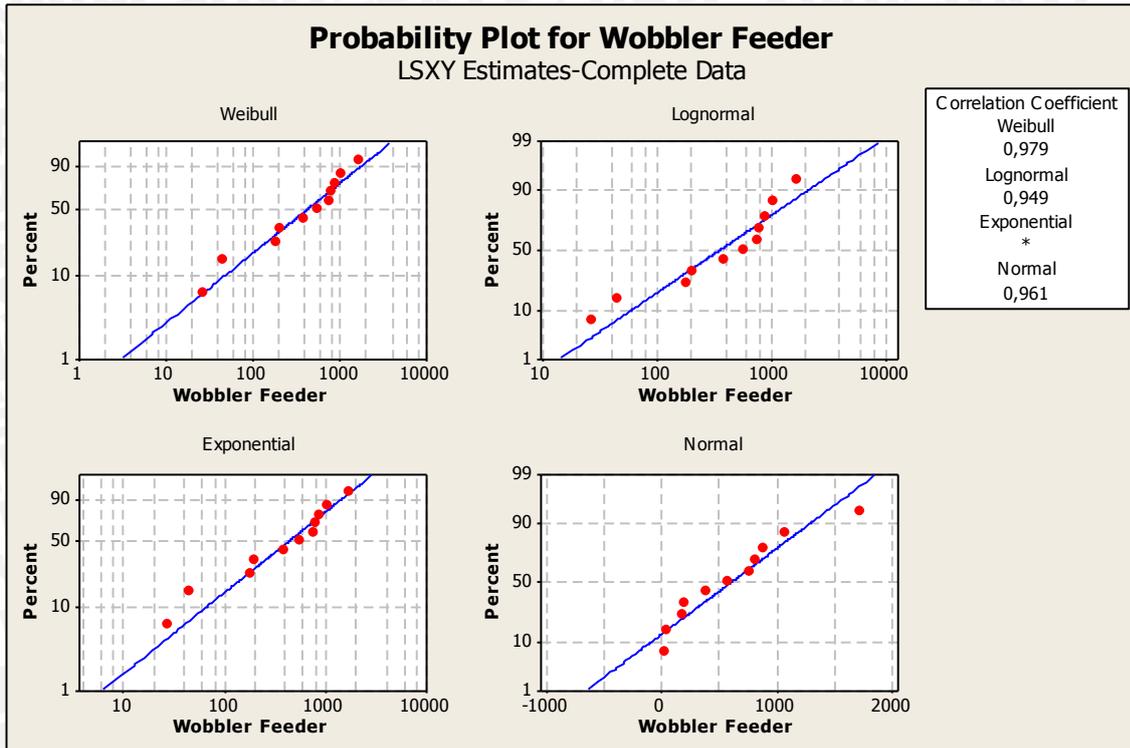
4.3.4.2 Pengujian Distribusi Kerusakan

Langkah awal yang dilakukan adalah dengan menentukan suatu distribusi data berdasarkan karakteristik suatu distribusi sesuai dengan aplikasi penggunaannya. Pada bab sebelumnya dijelaskan, terdapat empat macam jenis distribusi antara lain Weibull, Eksponensial, Normal, dan Lognormal, Ebelling (1997:5).

Diperlukan hipotesa untuk mengetahui jenis kerusakan. Dari data TTF Wobbler Feeder no 19 diduga data berdistribusi weibull. Berdasarkan karakteristik weibull yang merupakan distribusi yang biasanya digunakan untuk menggambarkan waktu hidup atau umur dari suatu komponen mesin yang berkaitan dengan laju kerusakan, maka langkah yang dilakukan adalah pengujian hipotesa lebih lanjut untuk memperkuat hipotesa tersebut.

Pengujian distribusi kerusakan dilakukan terhadap mesin kritis. Uji yang dilakukan adalah *Mann's Tes* dengan bantuan *Software Minitab 16* mengacu pada Tujuannya adalah menentukan probabilitas suatu komponen akan beroperasi sesuai dengan fungsi yang ditetapkan dalam jangka waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasional tertentu.

Pengujian dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95%. Mulai dari klik *stat – Reliability/ Survival – Distribution Analysis – Distribution ID Plot* – kemudian muncul kotak *Distribution Plot Right Consoring* isi bagian variabel sesuai dengan komponen yang diuji, pada bagian *specifi* diisi dengan 4 distribusi yang sesuai Ebelling meliputi *Normal, Lognormal, Eksponensial, dan Weibull*. Hasil dari uji distribusi dipilih dengan nilai *corelation coefficien* paling besar sehingga dapat dilihat pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25 Pengujian distribusi data TTF Wobbler Feeder
Sumber : Pengolahan data menggunakan *software* Minitab 16

Berdasarkan pengujian distribusi data dengan menggunakan *software* Minitab 16 menghasilkan nilai *correlative coefficient* pada distribusi weibull sebesar 0.979, distribusi lognormal sebesar 0.949, distribusi eksponensial tidak memunculkan nilai, dan distribusi normal sebesar 0.961. Dari ke empat jenis distribusi yang muncul pada perhitungan menggunakan *software* Minitab 16 dipilih nilai *correlative coefficient* terbesar, yaitu distribusi weibull dengan nilai sebesar 0.979, selain itu nilai *Anderson Darling* (AD) dengan nilai terendah. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data kerusakan pada *Wobbler Feeder* no 19 memiliki jenis distribusi weibull. Berikut adalah Tabel 4.13 yang menunjukkan *Correlation Coefficient* dan *Anderson Darling* dari komponen kritis Mesin Crusher. Untuk pengujian komponen kritis lainnya dapat dihitung dengan menggunakan cara yang sama dan hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.14 Hasil Pengujian Mann T-Test Komponen Kritis

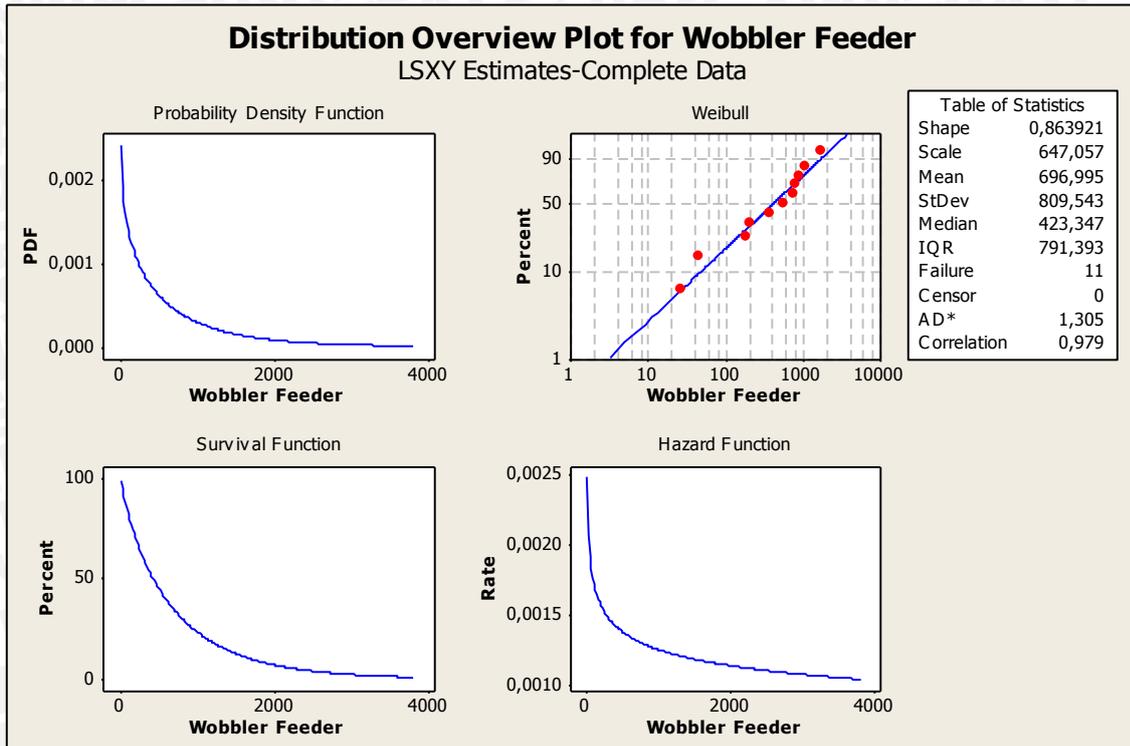
No	Komponen Kritis	Distribusi	Corelation Coefficient (LSXY)	Anderson-Darling (AD)
1.	Wobbler Bar no.19	Weibull	0,979	1,305
2.	Hammer Mill	Lognormal	0,979	1,020
3.	Sproket Breaker Plate	Lognormal	0,994	0,480
4.	Linkpin Breaker Plate	Lognormal	0,978	1,068
5.	Seal Bearing HM	Lognormal	0,986	1,455
6.	Reducer	Weibull	0,928	3,602

Sumber : Hasil Uji distribusi data TTF komponen kritis Mesin Crusher

Setelah jenis distribusi didapatkan, maka tahapan yang selanjutnya dilaksanakan adalah penentuan parameter pada *Wobbler Feeder* no 19, Hammer Mill, Sproket Breaker Plate, Linkpin Breaker Plate, Seal Bearing Hammer Mill, dan Reducer yang memiliki jenis distribusi berbeda-beda. Penentuan parameter dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 16 pula.

4.3.5 Perhitungan Parameter Distribusi Komponen Prioritas

Dikarenakan semua data berdistribusi weibull, maka parameter distribusi weibull dapat dihitung dengan menggunakan θ dan β . Perhitungan tersebut menggunakan *Software Minitab 16* pada *Distribution Overview Plot* untuk melihat Shape dan Scale yang nantinya dapat digunakan untuk menghitung waktu antar kerusakan (MTTF). Berikut ini merupakan adalah Gambar 4.24 yang menunjukkan tahapan pengujian distribusi pada *Wobbler Feeder* no 19 dengan menggunakan *software* Minitab 16.



Gambar 4.26 Penentuan parameter data TTF Wobbler Feeder
Sumber : Pengolahan data menggunakan *software* Minitab 16

Berdasarkan penentuan parameter TTF pada *Wobbler Feeder* no 19 dengan menggunakan *software* Minitab 16 didapatkan parameter bentuk (*shape*) dengan nilai sebesar 0,863921. Dan pada parameter skala didapatkan nilai sebesar 647,057. Setelah diketahui parameter pada tiap komponen maka dapat digunakan sebagai dasar perhitungan MTTF tiap komponen. Berikut adalah tabel 4.14 yang menunjukkan jenis distribusi serta penentuan parameter tiap komponen kritis pada Mesin *Crusher*. Untuk pengujian distribusi dan penentuan parameter selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.15 Nilai *Shape* dan *Scale* Parameter

No	Komponen Kritis	Distribusi	Corelation Coefficient (LSXY)	Parameter
1.	Wobbler Bar no.19	Weibull	0,979	<i>Shape</i> (β)=0,863921 <i>Scale</i> (θ)=647,057
2.	Hammer Mill	Lognormal	0,979	<i>Loc</i> (μ)=5,15464 <i>Scale</i> (α)=1,64288
3.	Sproket Breaker Plate	Lognormal	0,994	<i>Loc</i> (μ)=4,44407 <i>Scale</i> (α)=1,26395
4.	Linkpin Breaker Plate	Lognormal	0,978	<i>Loc</i> (μ)=5,06892 <i>Scale</i> (α)=0,741303
5.	Seal Bearing HM	Lognormal	0,986	<i>Loc</i> (μ)=5,87063 <i>Scale</i> (α)=1,31565
6.	Reducer	Weibull	0,928	<i>Shape</i> (β)=2,40597 <i>Scale</i> (θ)= 1715,74

Sumber : Hasil Uji distribusi data TTF dan Parameter komponen kritis Mesin Crusher

Dari hasil tabel diatas didapatkan nilai *shape* (β), *scale* (θ) dan *Loc* (μ) parameter. Meliputi distribusi weibull dan lognormal yang nantinya akan digunakan sebagai acuan menghitung nilai rata waktu antar kerusakan mesin (MTTF).

4.3.6 Perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) untuk Komponen Kritis Mesin Crusher

Setelah dilakukan penentuan distribusi data dan penentuan parameter dengan bantuan *software* Minitab 16. Tahap selanjutnya yaitu melakukan perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF).

4.3.6.1 Perhitungan Interval Perawatan Komponen Wobbler Feeder no 19

Data *time to failure* (TTF) pada *wobbler feeder* berdistribusi Weibull, maka untuk perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) *Wobbler Feeder* no 19 dilakukan dengan

menggunakan rumus 2.x. Berikut ini adalah perhitungan MTTF untuk *Wobbler Feeder* no 19.

$$MTTF = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

$$MTTF = 647,057 \Gamma \left(1 + \frac{1}{0,863921} \right)$$

$$MTTF = 647,057 \Gamma(1 + 1,1575132448)$$

$$MTTF = 647,057 \Gamma(2,1575132448)$$

$$MTTF = 647,057 \times 1,07857$$

$$MTTF = 697,896 \text{ jam}$$

Jadi didapatkan bahwa interval perawatan komponen *Wobbler Feeder* no 19 adalah sebesar 697,896 jam = 29,079 hari atau sekitar 30 hari.

4.3.6.2 Perhitungan Interval Perawatan Komponen Hammer Mill

Dari data *time to failure* (TTF) pada Hammer Mill berdistribusi Lognormal, maka untuk perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) Hammer Mill dilakukan dengan menggunakan rumus 2.x. Berikut ini adalah perhitungan MTTF untuk Hammer Mill.

$$MTTF = e^{\mu + \frac{1}{2}(\sigma)^2}$$

$$MTTF = e^{5,15464 + \frac{1}{2}(1,64288)^2}$$

$$MTTF = e^{6,50416}$$

$$MTTF = 667,919 \text{ jam}$$

Jadi didapatkan bahwa interval perawatan komponen Hammer Mill adalah sebesar 667,919 jam = 27,82 hari atau sekitar 28 hari.

4.3.6.3 Perhitungan Interval Perawatan Komponen Sproket Breaker Plate

Dari data *time to failure* (TTF) pada Sproket BP berdistribusi Lognormal, maka untuk perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) Sproket BP dilakukan dengan menggunakan rumus 2.x. Berikut ini adalah perhitungan MTTF untuk Sproket BP.

$$MTTF = e^{\mu + \frac{1}{2}(\sigma)^2}$$

$$MTTF = e^{4,44407 + \frac{1}{2}(1,26395)^2}$$

$$MTTF = e^{5,24285}$$

$$MTTF = 189,209 \text{ jam}$$

Jadi didapatkan bahwa interval perawatan komponen Hammer Mill adalah sebesar 189,209 jam = 7,8 hari dibulatkan menjadi 8 hari.

4.3.6.4 Perhitungan Interval Perawatan Komponen Linkpin Breaker Plate

Dari data *time to failure* (TTF) pada Linkpin BP berdistribusi Lognormal, maka untuk perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) Linkpin BP dilakukan dengan menggunakan rumus 2.x. Berikut ini adalah perhitungan MTTF untuk Linkpin BP.

$$MTTF = e^{\mu + \frac{1}{2}(\sigma)^2}$$

$$MTTF = e^{5,06892 + \frac{1}{2}(0,741303)^2}$$

$$MTTF = e^{5,34368}$$

$$MTTF = 209,282 \text{ jam}$$

Jadi didapatkan bahwa interval perawatan komponen Hammer Mill adalah sebesar 209,282 jam = 8,72 hari atau sekitar 9 hari.

4.3.6.5 Perhitungan Interval Perawatan Komponen Seal Bearing Hammer Mill

Dari data *time to failure* (TTF) pada Seal Bearing HM berdistribusi Lognormal, maka untuk perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) Seal Bearing HM dilakukan dengan menggunakan rumus 2.x. Berikut ini adalah perhitungan MTTF untuk Seal Bearing HM.

$$MTTF = e^{\mu + \frac{1}{2}(\sigma)^2}$$

$$MTTF = e^{5,87063 + \frac{1}{2}(1,31565)^2}$$

$$MTTF = e^{6,73609}$$

$$MTTF = 842,267 \text{ jam}$$

Jadi didapatkan bahwa interval perawatan komponen Seal Bearing HM adalah sebesar 842,267 jam = 35,094 hari atau sekitar 35 hari.

4.3.6.6 Perhitungan Interval Perawatan Komponen Reducer

Data *time to failure* (TTF) pada reducer berdistribusi Weibull, maka untuk perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) reducer dilakukan dengan menggunakan rumus 2.x. Berikut ini adalah perhitungan MTTF untuk reducer.

$$MTTF = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

$$MTTF = 1715,74 \Gamma \left(1 + \frac{1}{2,40597} \right)$$

$$MTTF = 1715,74 \Gamma(1 + 0,41567)$$

$$MTTF = 1715,74 \Gamma(1,41567)$$

$$MTTF = 1715,74 \times 0,88636$$

$$MTTF = 1520,763 \text{ jam}$$

Jadi didapatkan bahwa interval perawatan komponen reducer adalah sebesar 1520,763 jam = 63,36 hari atau sekitar 64 hari. Setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus (2.6) maka didapatkan nilai MTTF *Wobbler Feeder* sebesar 697,896 jam atau setara dengan 29,08 = 30 hari. Perhitungan yang sama dilakukan pada Hammer Mill, Sproket Breaker Plate, Linkpin, Seal Bearing HM, dan Reducer. Berikut ini merupakan Tabel 4.15 yang menunjukkan nilai MTTF komponen kritis dari mesin crusher. Sedangkan untuk perhitungan MTTF selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.16 Interval Perawatan Saat ini dan Rencana Interval

No.	Nama Komponen	Interval Sebelumnya (hari)	Rencana Interval (jam)	Rencana Interval (hari)
1.	Wobbler Bar no.19	60 hari/ 2 bulan sekali	697,896 jam	30 hari
2.	Hammer Mill	30 hari/ sebulan sekali	667,919 jam	28 hari
3.	Sproket Breaker Plate	14 hari/ sebulan 2 kali	189,209 jam	8 hari
4.	Linkpin Breaker Plate	30 hari/ sebulan sekali	209,282 jam	9 hari
5.	Seal Bearing HM	60 hari/ 2 bulan sekali	842,267 jam	35 hari
6.	Reducer	120 hari/ 4 bulan sekali	1520,763 jam	64 hari

Sumber : Hasil Uji distribusi data TTF komponen kritis Mesin Crusher

Dari tabel diatas dapat dilihat perbandingan dari nilai interval saat ini dengan rencana interval yang ditentukan berdasarkan perhitungan MTTF pada *Software Minitab* 16 pada bagian tab session dibandingkan dengan hitungan manual menggunakan rumus 2.6 adalah sama. Interval sebelumnya adalah interval yang ditetapkan oleh perusahaan untuk melakukan *preventive maintenance*. Misalnya Wobbler Bar yang harusnya dilakukan *maintenance* dalam interval 1 bulan sekali, tetapi kebijakan dari perusahaan hanya 2 bulan sekali sehingga dapat menimbulkan kerusakan yang tidak terduga sehingga dapat menimbulkan *breakdown*.

4.3.7 Penentuan Distribusi *Time To Repair* (TTR) Komponen Kritis

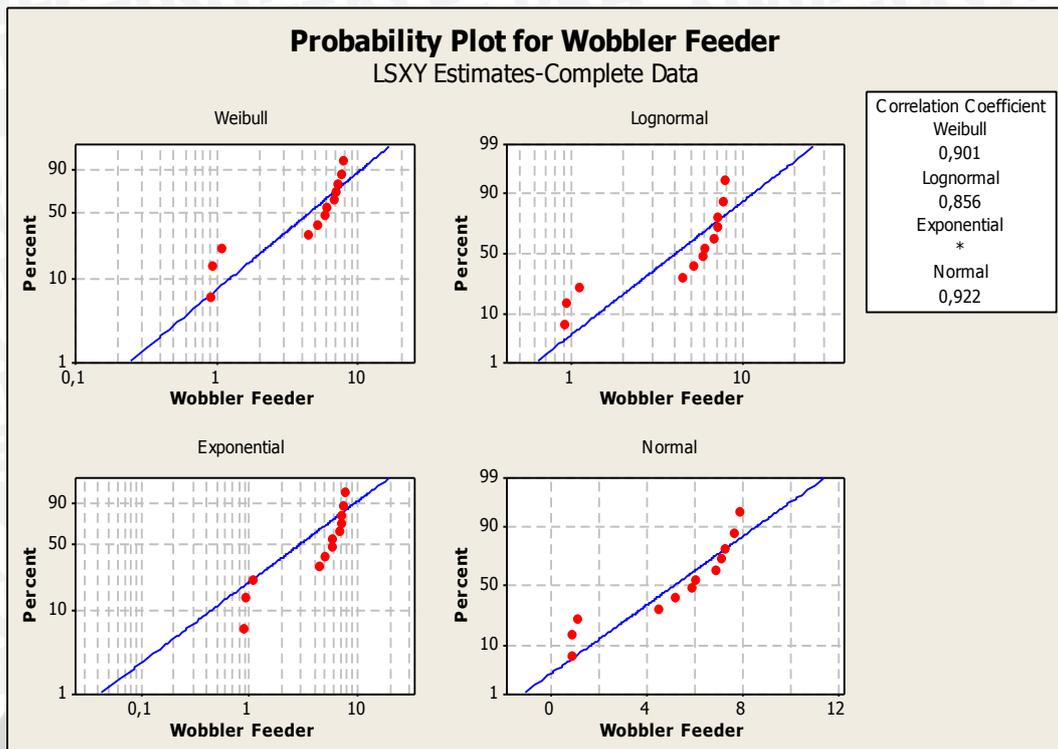
Setiap komponen kritis yang menjadi objek penelitian dilakukan pengujian distribusi *Time to Repair* dengan menggunakan *software* Minitab 16. Berikut ini merupakan adalah gambar 4.26 yang menunjukkan tahapan pengujian distribusi pada *Wobbler Feeder* no 19 dengan menggunakan *software* Minitab 16.

Tabel 4.17 Durasi *Downtime* Perbaikan Komponen *Wobbler Feeder* no 19

Tanggal	Equip	Masalah	Start	Selesai	Dur	Dur(Jam)
06/01/2014	232FE1	Wobbler Bar 19 Putus	8:24	16:07	7:43:00	7,717
07/02/2014	232FE1	Wobbler Bar 19 Putus	15:20	22:15	6:55:00	6,917
16/02/2014	232FE1	Wobbler Bar 19 Putus	9:28	16:24	6:56:00	7,933
24/02/2014	232FE1	Wobbler Bar 19 Putus	9:55	11:02	1:07:00	1,117
12/03/2014	232FE2	Wobbler Bar 19 Putus	11:20	17:24	6:04:00	6,067
26/04/2014	232FE1	Wobbler Bar 19 Putus	9:13	10:08	0:55:00	0,917
27/04/2014	232FE1	Wobbler Bar 19 Putus	13:15	14:12	0:57:00	0,950
31/05/2014	232FE2	Wobbler Bar 19 Putus	9:13	16:25	7:12:00	7,200
02/06/2014	232FE1	Wobbler Bar 19 Putus	13:30	18:03	4:33:00	4,550
09/07/2014	232FE1	Wobbler Bar 19 Putus	14:22	20:20	5:58:00	5,967
19/09/2014	232FE1	Wobbler Bar 19 Putus	8:20	13:32	5:12:00	5,200
13/10/2014	232FE1	Wobbler Bar 19 Putus	9:12	16:31	7:19:00	7,317

Sumber : Pengolahan data Penulis

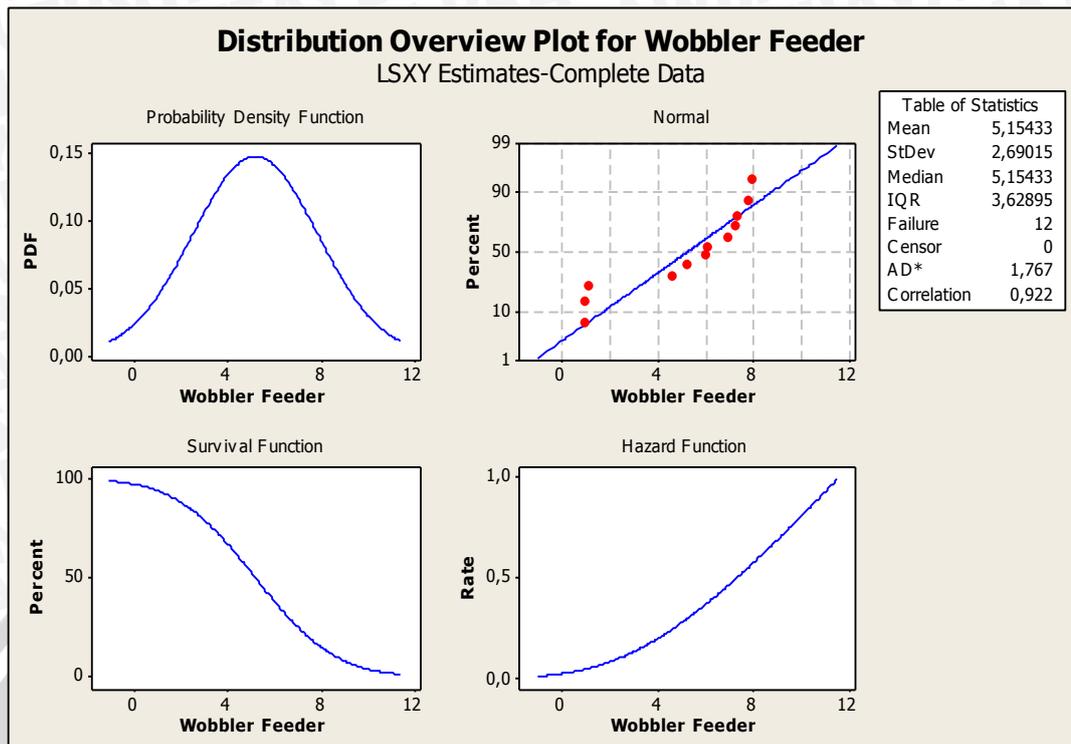
Pengujian waktu perbaikan dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95%. Mulai dari klik *stat – Reliability/ Survival – Distribution Analysis (Right Censoring) – Distribution ID Plot* – kemudian muncul kotak *Distribution Plot Right Censoring* isi bagian variabel sesuai dengan komponen yang diuji, pada bagian *specifi* diisi dengan 4 distribusi yang sesuai Ebelling meliputi *Normal*, *Lognormal*, *Eksponensial*, dan *Weibull*. Hasil dari uji distribusi dipilih dengan nilai *corelation coefficien* paling besar sehingga dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 4.27 Pengujian distribusi data TTR *Wobbler Feeder* no 19
Sumber : Pengolahan data menggunakan *software* Minitab 16

Dari hasil pengujian distribusi data dengan menggunakan *software* Minitab 16 menghasilkan nilai *correlative coefficient* pada distribusi weibull sebesar 0.901, distribusi lognormal sebesar 0.856, distribusi eksponensial tidak memunculkan nilai, dan distribusi normal sebesar 0.922. Dari ke empat jenis distribusi yang muncul pada perhitungan menggunakan *software* Minitab 16 dipilih nilai *correlative coefficient* terbesar, yaitu distribusi normal dengan nilai sebesar 0.922. Sehingga dapat disimpulkan bahwa data TTR pada *Wobbler Feeder* no 19 memiliki jenis distribusi normal.

Setelah jenis distribusi didapatkan, maka tahapan yang selanjutnya dilaksanakan adalah penentuan parameter pada data TTR *Wobbler Feeder* no 19 yang memiliki jenis distribusi normal. Penentuan parameter dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 16 pula dengan langkah klik *stat – Reliability/ Survival – Distribution Analysis (Right Censoring) – Distribution ID Overview Plot*. Berikut adalah gambar 4.27 yang menunjukkan hasil penentuan parameter dengan menggunakan *software* Minitab 16.



Gambar 4.28 Penentuan parameter data TTR *Wobbler Feeder* no 19
Sumber : Pengolahan data menggunakan *software* Minitab 16

Berdasarkan penentuan parameter TTR pada *Wobbler Feeder* no 19 dengan menggunakan *software* Minitab 16 didapatkan parameter bentuk *Mean* dengan nilai sebesar 5,15433, *StDev* 2,69015, dan *Median* 5,15433. Dengan cara yang sama dapat digunakan untuk menghitung distribusi TTR dari komponen Hammer Mill, Sproket Breaker Plate, Linkpin Breaker Plate, Seal Bearing HM, dan reducer. Berikut adalah tabel 4.16 yang menunjukkan jenis distribusi serta penentuan parameter tiap komponen kritis pada *Mesin Crusher*.

Tabel 4.18 Penentuan nilai parameter untuk menghitung nilai MTTR

No	Komponen Kritis	Distribusi	Corelation Coefficient (LSXY)	Parameter
1.	Wobbler Bar no.19	Normal	0,922	Rata (μ) =5,15433
2.	Hammer Mill	Weibull	0,954	Shape (β)=0,655565 Scale (θ)=2,46849
3.	Sproket Breaker Plate	Weibull	0,993	Shape (β)=1,24641 Scale (θ)= 1,09721
4.	Linkpin Breaker Plate	Lognormal	0,940	Loc (μ)=- 1,05230 Scale (α)=0,792618
5.	Seal Bearing HM	Lognormal	0,926	Loc (μ)=- 0,377337 Scale (α)=1,14052
6.	Reducer	Lognormal	0,992	Loc (μ)=1,03439 Scale (α)=0,321464

Sumber : Pengolahan data Penulis

4.3.8 Perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) untuk *Time to Repair* (TTR)

Komponen Kritis Mesin Crusher

Setelah dilakukan penentuan distribusi dan penentuan parameter data TTR dengan bantuan *software* Minitab 16. Tahap selanjutnya yaitu melakukan perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR).

4.3.8.1 Perhitungan Waktu Perbaikan Komponen Wobbler Feeder no 19

Data *time to repair* (TTR) pada *wobbler feeder* berdistribusi Normal, maka untuk perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) *Wobbler Feeder* no 19 dilakukan dengan menggunakan rumus 2.x. Berikut ini adalah perhitungan MTTR untuk *Wobbler Feeder* no 19.

$$MTTR = \mu$$

$$= 5,15433 \text{ jam}$$

Jadi didapatkan bahwa waktu perbaikan komponen Wobbler Feeder no 19 adalah selama 5,15 jam.

4.3.8.2 Perhitungan Waktu Perbaikan Komponen Hammer Mill

Data *time to repair* (TTR) pada Hammer Mill berdistribusi Weibull, maka untuk perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) Hammer Mill dilakukan dengan menggunakan rumus 2.x. Berikut ini adalah perhitungan MTTR untuk Hammer Mill.

$$MTTR = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

$$MTTR = 2,46849 \Gamma \left(1 + \frac{1}{0,655565} \right)$$

$$MTTR = 2,46849 \Gamma(1 + 1,52540)$$

$$MTTR = 2,46849 \Gamma(2,52540)$$

$$MTTR = 2,46849 \times 1,34830$$

$$MTTR = 3,3288 \text{ jam}$$

Jadi didapatkan bahwa interval perawatan komponen Hammer Mill adalah selama 3,32 jam.

4.3.8.3 Perhitungan Waktu Perbaikan Komponen Sproket Breaker Plate

Data *time to repair* (TTR) pada Sproket BP berdistribusi Weibull, maka untuk perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) Sproket BP dilakukan dengan menggunakan rumus 2.x. Berikut ini adalah perhitungan MTTR untuk Sproket BP.

$$MTTR = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

$$MTTR = 1,09721 \Gamma \left(1 + \frac{1}{1,24641} \right)$$

$$MTTR = 1,09721 \Gamma(1 + 0,8023)$$

$$MTTR = 1,09721 \Gamma(1,8023)$$

$$MTTR = 1,09721 \times 0,93139$$

$$MTTR = 1,02193 \text{ jam}$$

Jadi didapatkan bahwa waktu perbaikan komponen Sproket BP adalah selama 1,02193 jam.

4.3.8.4 Perhitungan Waktu Perbaikan Komponen Linkpin Breaker Plate

Data *time to repair* (TTR) pada Linkpin BP berdistribusi Lognormal, maka untuk perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) Linkpin BP dilakukan dengan menggunakan rumus 2.x. Berikut ini adalah perhitungan MTTR untuk Linkpin BP.

$$MTTR = e^{\mu + \frac{1}{2}(\sigma)^2}$$

$$MTTR = e^{-1,05230 + \frac{1}{2}(0,792618)^2}$$

$$MTTR = e^{-0,739}$$

$$MTTR = 0,4775 \text{ jam}$$

Jadi didapatkan bahwa waktu perbaikan komponen Linkpin BP adalah selama 0,4775 jam.

4.3.8.5 Perhitungan Waktu Perbaikan Komponen Seal Bearing Hammer Mill

Data *time to repair* (TTR) pada Seal Bearing HM berdistribusi Lognormal, maka untuk perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) Seal Bearing HM dilakukan dengan menggunakan rumus 2.x. Berikut ini adalah perhitungan MTTR untuk Seal Bearing HM.

$$MTTR = e^{\mu + \frac{1}{2}(\sigma)^2}$$

$$MTTR = e^{-0,377337 + \frac{1}{2}(1,14052)^2}$$

$$MTTR = e^{0,2730559}$$

$$MTTR = 1,313973 \text{ jam}$$

Jadi didapatkan bahwa waktu perbaikan komponen Seal Bearing HM adalah selama 1,313973 jam.

4.3.8.6 Perhitungan Waktu Perbaikan Komponen Reducer

Data *time to repair* (TTR) pada Reducer berdistribusi Lognormal, maka untuk perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) Reducer dilakukan dengan menggunakan rumus 2.x. Berikut ini adalah perhitungan MTTR untuk Reducer.

$$MTTR = e^{\mu + \frac{1}{2}(\sigma)^2}$$

$$MTTR = e^{1,03439 + \frac{1}{2}(0,321464)^2}$$

$$MTTR = e^{1,086059}$$

$$MTTR = 2,9625 \text{ jam}$$

Jadi didapatkan bahwa waktu perbaikan komponen Reducer adalah selama 2,9625 jam. Berikut ini merupakan Tabel 4.17 yang menunjukkan nilai MTTR komponen kritis *Mesin Crusher*. Sedangkan untuk perhitungan MTTR selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.19 MTTR komponen kritis Mesin Crusher Tahun 2014

No.	Nama Komponen	MTTR yang Sebelumnya (jam)	MTTR yang ditargetkan (jam)
1.	Wobbler Bar no.19	5,154 jam	5,15433 jam
2.	Hammer Mill	3,008 jam	3,32886 jam
3.	Sproket Breaker Plate	1,014 jam	1,02193 jam
4.	Linkpin Breaker Plate	0,521 jam	0,47750 jam
5.	Seal Bearing HM	1,182 jam	1,31397 jam
6.	Reducer	2,896 jam	2,96250 jam

Sumber : Hasil Pengolahan data MTTR komponen kritis Mesin Crusher

Dari hasil perhitungan MTTR sebelum diadakan perencanaan TPM dan target TPM hasil perhitungannya, tidak terdapat perbedaan yang significant. Pada Wobbler Feeder tidak banyak selisih antara MTTR awal dan MTTR perencanaan TPM. Pada Hammer Mill MTTR sebelumnya lebih cepat yaitu 3,008 jam dari pada sesudah perencanaan yaitu 3,32 jam, hal ini dikarenakan sebelum perencanaan tidak dilakukan pembersihan pada daerah Hammer mill terutama pencegahan korosi dari rembesan air yang tercampur dengan batu kapur. Pada Sprocket breaker plate tidak terdapat perbedaan waktu MTTR sebelum dan sesudah, hal ini berarti kegiatan perbaikan sebelum dan sesudahnya sudah sesuai, perlu ditambah untuk penambahan pelindung pada driven sprocket agar terhindar dari debu.

Pada Linkpin Breaker Plate MTTR sebelum lebih lama yaitu 0,521 jam, hal ini dikarenakan belum tersedianya sparepart dan pengerasan dengan menggunakan palu kurang efektif dalam pemasangan linkpin sehingga linkpin mudah geser dan diperlukan pengulangan perbaikan pada linkpin. Pada Seal Bearing Hammer Mill terdapat permasalahan perbedaan juga, perencanaan lebih lama dari 1,18 jam menjadi 1,31 jam hal ini dikarenakan pada perencanaan diperlukan pembersihan yang berlanjut di sekitar dinding sprocket akibat terkena oli. Pada Reducer MTTR sesudah perencanaan lebih lama hal ini dikarenakan proses perbaikan diperlukan tambahan maintenance seperti penambahan penutup pada reducer agar aman dari debu halus.

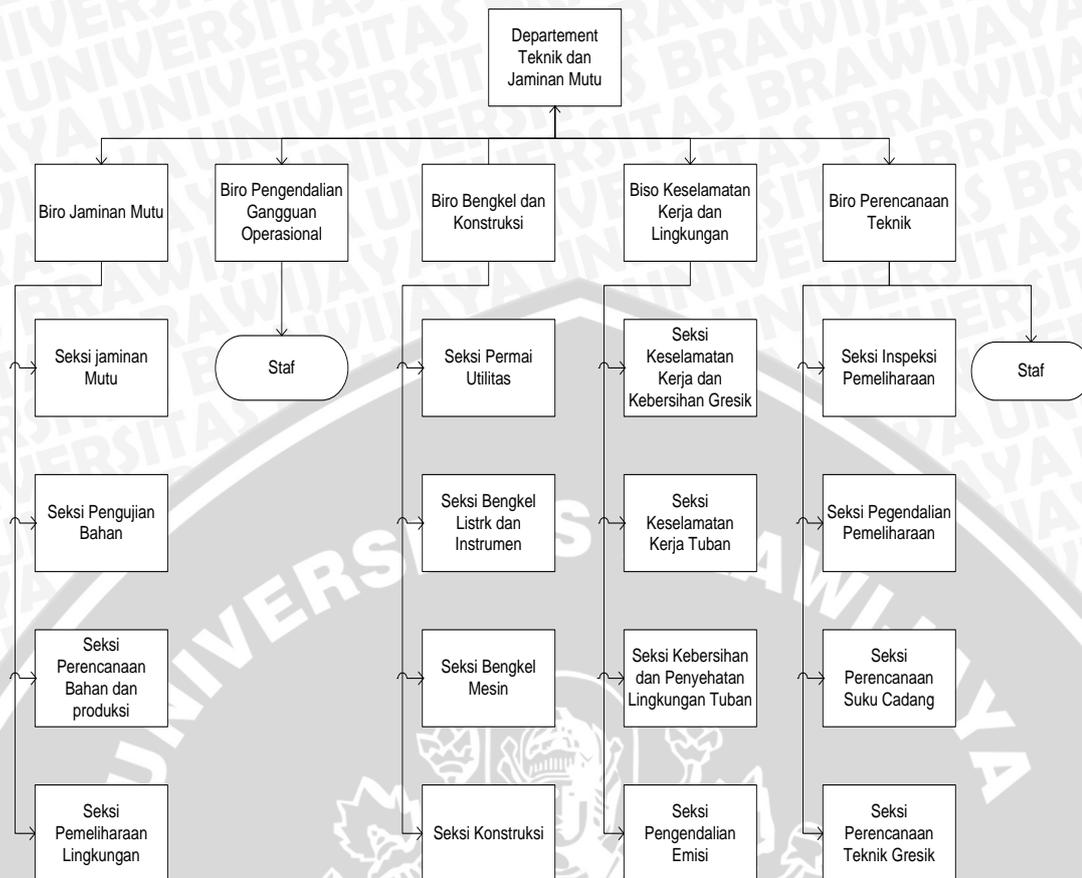
4.4 Perencanaan Strategi *Total Productive Maintenance* (TPM)

TPM merupakan salah satu metode dalam manajemen perawatan mesin. Terdapat 12 langkah penerapan TPM dari persiapan hingga stabilisasi. Penerapan TPM sebagai sistem baru bukanlah suatu hal yang bisa dilakukan dalam waktu yang singkat, tetapi memerlukan waktu yang cukup untuk persiapannya maupun untuk memulai serta melaksanakan program-programnya. Berdasarkan pengalaman beberapa perusahaan industri di Jepang yang telah berhasil menerapkan TPM. Dalam penelitian ini hanya dibatasi pada tahap perencanaan saja meliputi 5 disiplin.

Langkah 1

Pada langkah pertama adalah memberitahukan keputusan dari kepala mengenai akan diperkenalkan TPM. Departemen yang dimiliki perusahaan terdiri dari Departemen persiapan bahan baku, Departemen Produksi Terak 1, Departemen Produksi Terak 2, Departemen Produksi Semen, Departemen Teknik dan Jaminan Mutu. Dalam perencanaan TPM ini, seluruh bagian dari perusahaan memiliki peranan dalam mencapai target perusahaan. Dari departemen Teknik dan Jaminan Mutu dapat menyampaikan langsung secara tertulis atau lisan kepada kepala bagiannya meliputi Biro Jaminan Mutu, Biro Pengendalian Gangguan Operasional, Biro Bengkel dan Konstruksi, Biro Keselamatan Kerja dan Lingkungan, dan Biro Perencanaan Teknik.

Penyampaian perencanaan program TPM dapat disampaikan secara lisan dengan pengadaan rapat dan pertemuan mingguan, sedangkan secara tulisan bisa dengan pembuatan poster yang disebar di setiap unit kerja khususnya untuk bagian persiapan bahan baku unit mesin crusher. Berikut merupakan struktur organisasi dari Departemen Teknik dan Jaminan Mutu PT SI tahun 2014.



Gambar 4.29 Struktur Organisasi Departemen Teknik dan Jaminan Mutu
Sumber : Seksi Pengendalian Pemeliharaan PT SI 2014

Khusus untuk Seksi Pemeliharaan, Seksi Pengendalian Pemeliharaan, kepala bagian preventive maintenance harus melakukan sosialisasi kepada kepala shift lalu kepala shift mensosialisasikan kepada para operator.

Langkah 2

Langkah kedua adalah menyelenggarakan pendidikan, pelatihan serta kampanye pergerakan TPM. Untuk pendidikan TPM dapat dilihat pada **Tabel 4.20**. Kegiatan pendidikan dijadwalkan per bagian, dimulai dari tingkat manajer hingga ke kepala bagian. Setelah seluruh bagian top manajemen telah memiliki pengetahuan yang cukup dari seminar-seminar yang telah diikuti, maka kepala bagian perlu menyalurkan ilmu yang diperoleh dengan mengadakan pendidikan untuk operator.

Penyusunan perencanaan Pendidikan dan Pelatihan sudah dikonfirmasi dengan pihak maintenance yaitu bapak Deddy Ermawanto selaku Kepala Seksi Pemeliharaan. Pada awal pertemuan akan lebih melakukan penjelasan pada Definisi dan cara kerja dari TPM, tujuannya untuk mengetahui gambaran dasar dari TPM dan keuntungan dari

penerapan TPM yang akan diikuti oleh seluruh Manajer dan Kepala Departemen. Selanjutnya pada penjelasan kedua akan mengadakan pelatihan mengenai definisi 12 langkah penerapan TPM dan program *Autonomous Maintenance*, tujuannya untuk mengetahui langkah-langkah yang diperlukan untuk mengimplementasikan TPM dalam *Coorporate Culture* yang akan diikuti oleh seluruh manajer, Kepala Bagian dan Kepala Seksi yang akan dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Pelaksanaan pendidikan secara formal dan pelatihan langsung berdasarkan reverensi saya dapatkan dari jurnal Teknik Industri ITENAS tentang Rancangan Penerapan TPM di Bagian Mesin Press II PT. XYZ. Diawali dengan diadakan Seminar untuk mengetahui gambaran dasar dari TPM dan keuntungan dari penerapan TPM yang akan dilaksanakan selama 2 jam dan diikuti oleh seluruh manajer dan kepala departemen. Demikian selanjutnya sampai pada tahap pelatihan pembentukan *Small Group Activity* yang bisa disebut sebagai GKM (Gugus Kendali Mutu) dalam pelatihan menggunakan *tools* yang digunakan dalam mengembangkan strategi TPM.

Pada pelatihan ini dilaksanakan selama 6 jam yang dapat diikuti oleh Kepala Seksi, Kepala Regu, Kepala Unit Crusher dan Pelaksana. Untuk seluruh pelatihan dan seminar dapat dilaksanakan pada hari sabtu sehingga tidak mengganggu jam kerja dari masing-masing pihak. Dan peserta seminar dan pelatihan dapat mengikuti pendidikan dan pelatihan sehari selama seminggu.



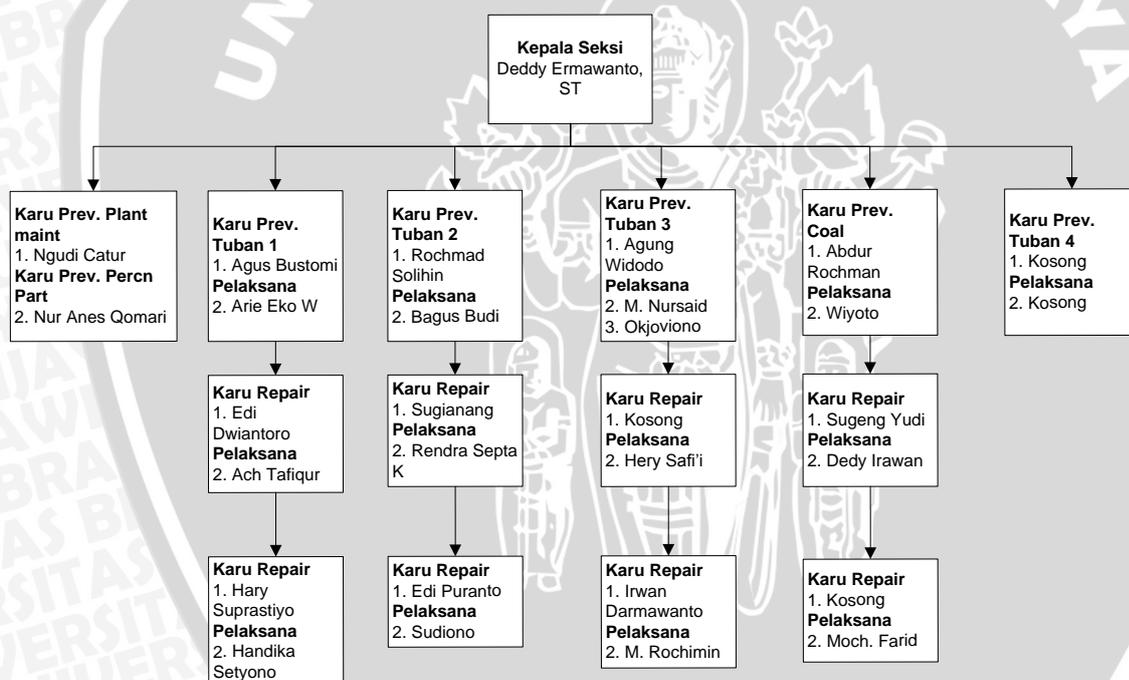
Tabel 4.20 Jadwal Pelatihan Perencanaan TPM

No	Materi	Jenis Kegiatan	Durasi (jam)	Sasaran
1	Pengantar	Seminar	2 jam	Seluruh Manajer & Kepala Departemen
	Definisi dan cara kerja TPM : Mengetahui gambaran dasar dari TPM dan keuntungan dari penerapan TPM			
2	Definisi 12 Langkah penerapan TPM dan program <i>Autonomous Maintenance</i>	Seminar	6 jam	Seluruh Manajer, Kepala Departemen, dan Kepala Bagian, Kepala Seksi, dan Kepala Regu.
	Memahami tahapan dan langkah-langkah yang diperlukan untuk mengimplementasikan TPM dalam <i>Coorporate Culture</i>			
	Step 1 : Pembersihan awal (<i>cleaning</i>)			
	Step 2 : Mencari sumber penyebab (<i>solve difficult culture</i>)			
	Step 3 : Menyusun Standart (<i>cleaning/ availability standart</i>)			
	Step 4 : Total perawatan mandiri (<i>general inspection</i>)			
	Step 5 : <i>Autonomous Inspection</i>			
	Step 6 : Standarisasi (<i>selfaudit</i>)			
Step 7 : Total perawatan mandiri (<i>organization</i>)				
3	Aktivitas TPM	Pelatihan	4 jam	Kepala Seksi, Kepala Regu, dan Kepala Unit Crusher, dan Pelaksana
	Memahami <i>tools</i> dasar untuk menghitung dan meningkatkan OEE, mengurangi <i>loss</i> , serta cara yang diperlukan dalam mengembangkan <i>Autonomous maintenance</i>			
4	Small Groups Activity	Pelatihan	6 jam	Kepala Seksi, Kepala Regu, dan Kepala Unit Crusher, dan Pelaksana
	Memahami aktivitas grup kecil dalam implementasi TPM, dan pengenalan berbagai <i>tools</i> yang digunakan oleh grup kecil.			

Sumber : Hasil Referensi Jurnal dan diskusi dengan Karu Crusher

Langkah 3

Langkah ketiga adalah membentuk organisasi untuk mendukung kegiatan TPM. Sistem organisasi yang akan disusun berdasarkan sistem organisasi yang sudah ada, akan tetapi dimodifikasi yang segaris horizontal untuk mempermudah diskusi dalam merencanakan kegiatan TPM. Melalui tahapan ini membentuk organisasi kelompok kecil. Pada pengawasan kegiatan TPM dapat dilakukan oleh Kepala Departemen Teknik dan Jaminan Mutu, dan departemen maintenance. Sedangkan untuk kepala pelaksana, diserahkan kepada kepala bagian produksi pada bagian Mesin *Crusher* bersama dengan kepala bagian maintenance sebagai kepala pelaksana TPM. Untuk anggota pelaksana perlu dibentuk kelompok kecil berdasarkan shift, yaitu operator dengan anggota bagian produksi dan maintenance. Untuk ketua regunya nya dapat ditentukan berdasarkan hasil musyawarah anggota regu.



Gambar 4.30 Struktur Organisasi Pemeliharaan Mesin Crusher
Sumber : Seksi Pengendalian Pemeliharaan PT SI 2014

Dari gambar struktur organisasi kepala seksi mesin crusher yang dipimpin oleh bapak Deddy Ermawanto, ST diharapkan mengadakan rapat perencanaan strategi TPM yang diikuti oleh Karu Preventive Plant Maintenance, Karu Preventive Tuban 1, Karu Preventive Tuban 2, Karu Preventive Tuban 3, Karu Preventive Coal, dan Karu Preventive Tuban 1. Selanjutnya dari masing-masing Karu Preventive Maintenance mengadakan koordinasi langsung seiring berjalannya kegiatan TPM. Karu Repair

Tuban 1 berkoordinasi langsung dengan Karu Tuban 2 dst. Dengan pengadaan rapat bersama dan terbentuk grup kecil yaitu GKM (Gugus Kendali Mutu). Tugasnya adalah bersama-sama terjun ke lapangan untuk melakukan pengecekan pada masing-masing plant secara keliling.

Langkah 4

Langkah ke-empat adalah menentukan kebijakan dasar serta target (*goal*) dari TPM. Tujuan yang ingin dicapai dalam penerapan program TPM ini adalah mampu melibatkan operator dalam membentuk personel yang dapat memperbaiki performansi secara keseluruhan dalam keandalan mesin dan peralatan. Target yang ingin dicapai, dapat menurunkan tingginya nilai *downtime* memiliki frekuensi tertinggi pada bagian Mesin *Crusher* yang pada studi kasus ini fokus pada Tuban 2. Diharapkan Nilai MTTF pada Mesin Wobbler Feeder selama 30 hari, Hammer Mill 28 hari, Sprocket Breaker Plate 8 hari, Linkpin Breaker Plate 9 hari, Seal Bearing Hammer Mill 35 hari, dan Reducer selama 64 hari. Sehingga akan meningkatkan nilai *availability* dan mengurangi tingginya nilai *downtime* pada Mesin *Crusher*.

Tabel 4.21 Target Rencana Interval Perbaikan Komponen Prioritas Mesin Crusher Tuban 2

No.	Nama Komponen	MTTF	MTTR
1.	Wobbler Bar no.19	697,896 jam	5,15433 jam
2.	Hammer Mill	667,919 jam	3,32886 jam
3.	Sproket Breaker Plate	189,209 jam	1,02193 jam
4.	Linkpin Breaker Plate	209,282 jam	0,4775 jam
5.	Seal Bearing HM	842,267 jam	1,31397 jam
6.	Reducer	1520,763 jam	2,9625 jam

Sumber : Hasil Pengolahan data MTTF dan MTTR komponen kritis Mesin Crusher

Sedangkan target dari waktu perbaikan/ *time to repair* (MTTR) dari masing-masing komponen berbeda-beda, hal ini dikarenakan tingkat kesulitan dalam perbaikan dan ketersediaan sparepart di gudang. Dari hasil perhitungan MTTR terlama terdapat pada perbaikan wobbler Feeder selama 5,15433 jam dan tercepat adalah pergantian linkpin BP selama 0,4775 jam. Setelah diketahui waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan maka dapat dihitung targetnya.

Hasil perencanaan TPM dapat terlaksana sesuai dengan rancangan TPM yang dibuat, sehingga dengan meningkatnya *availability* mesin dapat meningkatkan OOE hingga 85%. Target perbaikan komponen dijelaskan pada Tabel 4.22.

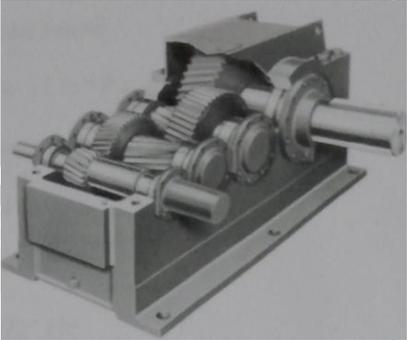
Tabel 4.22 Target Perencanaan TPM

No	Nama Komponen	Penyebab Kerusakan	Penanganan
1.	Wobler Feeder no 19	<ul style="list-style-type: none"> Material batu kapur tidak sesuai dengan standrat, sehingga mengakibatkan material menganjal wobler bar no:19 dengan dinding Hopper Hammer mill Sering terjadi Material menggantung di Hopper hammer mill 	<ul style="list-style-type: none"> Buat desain dan fabrikasi shaft sproket dengan penambahan bearing pillowbox dan menghilangkan Bar wobler Pengelasan platt steel pada tempat bekas wobler bar no:19 dengan kemiringan 45° derajat  
2.	Hammer Mill Aus	<ul style="list-style-type: none"> Material bercampur dengan bongkahan besi yang berasal dari penambangan batu kapur pegunungan. 	<ul style="list-style-type: none"> Diperlukan sensor logam pada belt conveyor sehingga plat besi dari hasil penambangan tidak merusak permukaan Hammer
3.	Sprocket Breaker Plate Macet	<ul style="list-style-type: none"> Sprocket sering macet dikarenakan terdapat endapan kapur pada permukaan roda gigi. 	<ul style="list-style-type: none"> Perlubasan dilakukan setiap 48 jam sekali dengan menggunakan Regal Oil (R&O) 

Tabel 4.22 Target Perencanaan TPM (Lanjutan)

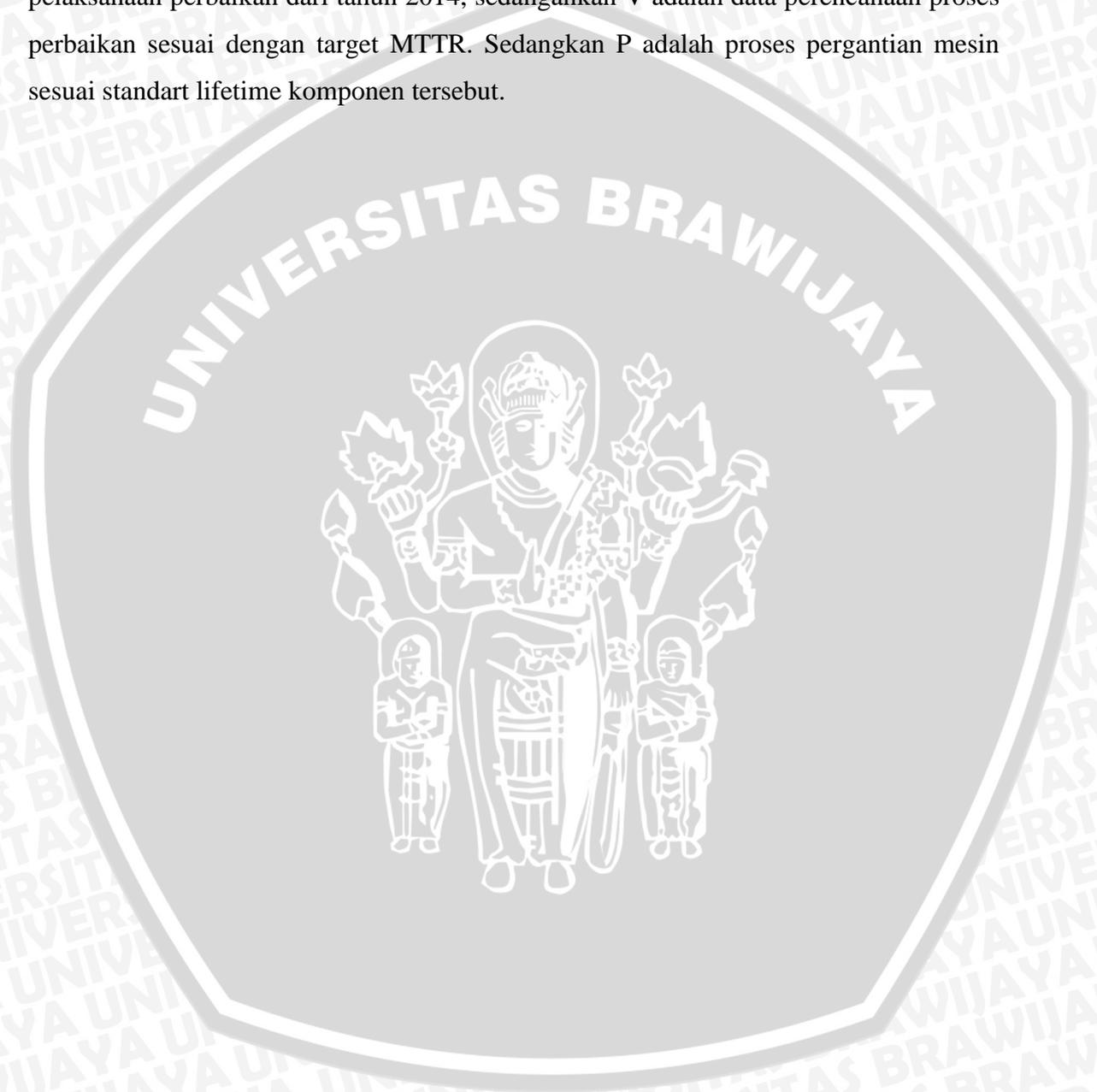
No	Nama Komponen	Penyebab Kerusakan	Penanganan
3.	Sprocket Breaker Plate Macet	<ul style="list-style-type: none"> • Perlumasan tidak teratur dan merata. • Material batu kapur mengandung 80% air sehingga dapat meresap pada rantai sprocket. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seharusnya dibuatkan desain penutup khusus untuk drive dan driven sprocket.  <ul style="list-style-type: none"> • Pembersihan pada gear sprocket dilakukan secara rutin untuk menghindari endapan kapur pada dinding sproket. 
4.	Linkpin Breakerplate Putus	<ul style="list-style-type: none"> • Linkpin tidak kuat menampung hantaman hammer mill. • Ukuran linkpin tidak sesuai dengan linkbar • Lifetime linkpin terlalu pendek 2/3 bulan • Pengerasan linkpin tidak memakai torsi 	<ul style="list-style-type: none"> • Penambahan diameter linkpin dari 35 ke 40 mm. • Pengencangan linkpin dengan menggunakan kunci (bukan palu). • Penggantian linkpin yang sesuai standart 

Tabel 4.22 Target Perencanaan TPM (Lanjutan)

No	Nama Komponen	Penyebab Kerusakan	Penanganan
5.	Seal Bearing Hammer mill bocor	<ul style="list-style-type: none"> • Shaft rotor mudah aus • Gaya tekan poros pada dinding seal terlalu besar sehingga dimungkinkan sperichal roller bearing menerima resultan yang tidak center. • Gesekan bearing dan dinding berlebihan dan mengakibatkan lubricant mudah panas dan dapat membakar seal.  	<ul style="list-style-type: none"> • Setting pelumasan seal bearing diharapkan tertib setiap minggu sekali. • Lubrikasi harus dilakukan setiap 48 jam sekali dengan menggunakan lubricant standart. 
6.	Reducer Pecah	<ul style="list-style-type: none"> • Lifetime reducer sudah lama, dikarenakan repair dari reducer yang sebelumnya. • Ulir lurus teeth pecah karena pemasangan tidak presisi sehingga shaft HS pecah 	<ul style="list-style-type: none"> • Operator lebih teliti dengan lifetime reducer yang digunakan. • Pemasangan reducer yang presisi dan preventive maintenance dilakukan setiap 2 bulan sekali.

Untuk mencapai target terciptanya lingkungan kerja yang baik antara operator, kelompok maintenance, ketua shift, kepala produksi dan kepala maintenance serta manajer perusahaan dapat merealisasikan kegiatan TPM seperti yang tercantum pada Schedule di bawah ini.

Apabila kolom berisi huruf "X" berarti hal tersebut adalah data historis dari proses pelaksanaan perbaikan dari tahun 2014, sedangkan V adalah data perencanaan proses perbaikan sesuai dengan target MTTR. Sedangkan P adalah proses pergantian mesin sesuai standart lifetime komponen tersebut.



SCHEDULE PERAWATAN PREVENTIVE PADA KOMPONEN PRIORITAS MESIN CRUSHER TUBAN 2

No.	Nama Komponen	Periode	Minggu ke Bulan ke Tahun (2014-2015)																						
			10				11				12				1				2 dst						
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
1.	Wobbler Bar no.19	1B			X	V			X		V	X				X,V			X	V	X			V	
2.	Hammer Mill	1B			X	V			X		V	X				X,V			X	V	X			V	
3.	Sproket Breaker Plate	1M	X,V	X,V	X,V	X,V	X,V	X,V	X,V	X,V	X,V	X,V	X,V	X,V	X,V	X,V	X,V	X,V	X,V	X,V	X,V	X,V	X,V	X,V	
4.	Linkpin Breaker Plate	2M		X,V		X,V		X,V		X,V		X,V		X,V		X,V		X,V		X,V		X,V		X,V	
5.	Seal Bearing HM	1B				X	V				X	V				X	V				V	X			X,V
6.	Reducer	2B				X					X,V					X								X	

Keterangan

V : Target Realisasi

X : Data Current

P : Pergantian Komponen Baru

Langkah 5

Langkah terakhir pada tahap Perencanaan adalah menyusun *master plan* untuk pengembangan TPM. *Master plan* yang dibuat untuk memulai tahap penerapan sehingga dapat diestimasikan kapan terlaksananya kegiatan TPM. Tahap persiapan semua dilakukan oleh seluruh top manajemen yang terdiri dari seluruh manajer serta kepala Dept. Kepala Bagian, Kepala Seksi, Kepala Regu, sampai ke operator. Tahap pembentukan diikuti oleh kepala bagian dan kepala seksi pemeliharaan bersama dengan kepala regu menyusun kelompok kecil yang nantinya disebut sebagai Gugus Kendali Mutu (GKM). Penerapan dilakukan oleh operator bagian Mesin *Crusher*, dengan mengembangkan kegiatan AM (*Autonomous Maintenance*), pelatihan operator melalui seminar dan praktek, pengembangan *check sheet* oleh bagian *maintenance*, serta evaluasi penerapan TPM oleh seluruh pihak perusahaan.

Referensi pembuatan Master Plan TPM saya dapatkan dari Jurnal Internasional dengan judul “*Effective Implementation of Total Productive Maintenance and Impact on Breakdown Time and Repair & Maintenance – A Case Study Of A Printing Industry IN Bangladesh*”. Dimulai dengan evaluasi breakdown dan menentukan komponen prioritas dengan menggunakan data historis downtime 2014 yang dilaksanakan pada bulan oktober 2015. Pengenalan gambaran dasar TPM dan keuntungan TPM pada bulan november. Dilanjutkan Pada tahap pemahaman yang diperlukan untuk melaksanakan kegiatan TPM yang dimulai dengan pelatihan seperti yang dijelaskan pada Langkah 2 dan kalenderisasi diharapkan mencapai target pada bulan desember. Demikian seterusnya seperti yang tertera pada tabel dibawah ini sampai standarisasi dan Kaizen pada bulan 9 tahun 2016.

MASTER PLAN PERENCANAAN TPM

Kondisi saat ini		Target yang ingin dicapai												
Breakdown mesin, jam/bulan : 60 jam/bulan		Breakdown mesin, jam/bulan : 36 jam/bulan												
Jumlah operator yang ada pada mesin crusher : 15 orang		Jumlah operator yang diharapkan pada mesin crusher : 20 orang												
Jadwal	Penanggung Jawab	Status	Bulan											
Tahapan			10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Evaluasi breakdown time, penentuan komponen prioritas	Karu													
Pengenalan gambaran dasar TPM dan keuntungan TPM	Kasi													
Memahami tahapan yang diperlukan untuk melaksanakan TPM	Kasi													
Persiapan kalenderisasi perencanaan TPM	Kasi													
Pembersihan awal (<i>cleaning</i>)	Karu													
Persiapan Preventive Manitenance 1: jadwal perawatan harian, mingguan, bulanan	Kepala Unit													
Mencari sumber penyebab (<i>solve difficult culture</i>)	Pelaksana													
Menyusun Standart Operasi Procedure (SOP) meliputi <i>cleaning/ availability standart</i>	Karu													
Implementasi cheklist dan KPI	Kasi													
Kaizen event	Team													
Persiapan Preventive Manitenance 2: jadwal perawatan harian, mingguan, bulanan	Kepala Unit													
<i>Autonomous Inspection</i>	Pelaksana													
Standarisasi (<i>selfaudit</i>)	Kasi													
Analisa permasalahan dengan teknik 5why, PDCA, FMEA	Kasi													
Kaizen event	Team													

4.5 Analisis dan Pembahasan

Pada sub bab ini akan dilakukan analisa dan pembahasn mengenai penelitian ini.

4.5.1 Analisis Jadwal Perawatan

Dalam perencanaan interval perawatan komponen sproket breaker Plate memiliki frekuensi preventive maintenance yang intensif yaitu 8 hari sekali, sedangkan untuk mesin yang lain Linkpin Breaker Plate memiliki interval yang sekitar 9 hari sekali. Melalui jadwal maintenance yang sebelumnya komponen Wobbler Feeder hanya dilakukan perawatan sekitar 2 bulan sekali, akan tetapi setelah dilakukan perhitungan dengan pengujian distribusi didapatkan frekuensi perbaikan selama 1 bulan/ 30 hari. Sedangkan untuk Hammer mill pada interval sebelumnya hanya dilakukan preventive maintenance selama 30 hari sekali, namun dalam perencanaan TPM dapat dilakukan interval selama 667,919 jam atau setara dengan 28 hari.

Target waktu antar perbaikan/*Time to repair* (MTTR) paling cepat terdapat pada komponen linkpin dengan lama 0,447 jam, sedangkan terlama terdapat pada komponen Wobler feeder sebesar 5,154 jam. Perbedaan waktu perbaikan beberapa komponen ini disebabkan oleh beberapa hal, pada wobbler feeder memiliki waktu perbaikan yang lama dikarekan proses perbaikannya yang tidak mudah untuk membongkar mesin dan ketersediaan sparepart terkadang masih belum ready stock.

Melalui perhitungan yang sebelumnya interval perawatan yang tinggi dimungkinkan tidak dilakukan perawatan rutin sehingga mesin dapat menimbulkan downtime secara dadakan. Berdasarkan perhitungan frekuensi perawatan yang direncanakan diharapkan dapat meningkatkan availability dari komponen prioritas sehingga tidak menimbulkan breakdown.

4.5.2 Analisis Perencanaan Strategi TPM

Strategi perencanaan TPM ini dusulkan berdasarkan kondisi perusahaan saat ini. Dengan adanya perencanaan dan terget yang ingin dicapai perusahaan diharapkan dapat meningkatkan availability mesin, sehingga mesin dapat bekerja secara optimal. Dalam penelitian ini peneliti juga mengajukan check sheet untuk dapat meningkatkan sistem perawatan saat ini. Direncanakan sistem perencanaan mulai dilaksanakan pada bulan oktober 2015 yang sudah tertera pada masterplan. Penerapan TPM bukanlah hal yang mudah, sehingga dibutuhkan waktu sekitar 3-5 tahun untuk menstabilkan kegiatan TPM.

4.6 Perhitungan Biaya Perawatan

Perhitungan MTTF dan MTTR sudah diketahui. Langkah selanjutnya adalah penentuan total biaya perawatan optimum. Sebelum melakukan perhitungan total biaya perawatan optimum, terlebih dahulu adalah menentukan biaya tenaga kerja, biaya kerugian produksi, dan biaya perbaikan komponen. Berikut merupakan perhitungan biaya tenaga kerja, biaya kerugian produksi, dan biaya perbaikan komponen.

1. Biaya Tenaga Kerja

Biaya tenaga kerja adalah biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk membayar pekerja yang melakukan tindakan *maintenance* selama terjadi kerusakan. Tenaga kerja tersebut berjumlah orang tenaga teknis. Dimana jumlah jam kerja selama 1 hari adalah 16 jam/ 2 shift kerja. Perhitungan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 4.22.

Tabel 4.23 Biaya Tenaga Kerja Perawatan

No.	Tenaga Kerja Perawatan	Biaya mekanikal/ jam (Rp)	Jumlah Tenaga Kerja
1.	Teknisi	100.000	3
Jumlah		300.000	

Sumber : Data Perbaikan Mesin Crusher tahun 2014

Jadi total biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk tenaga kerja sejumlah Rp.300.000,00 per jam untuk perbaikan, diasumsikan tenaga kerja tersebut *available* untuk melakukan perawatan/perbaikan.

2. Biaya Kerugian Produksi

Biaya kerugian produksi adalah biaya yang muncul apabila terjadi *downtime*. Hal tersebut menyebabkan perusahaan mengalami kerugian (*loss production*) karena mesin tidak dapat berproduksi. Berikut ini akan dijelaskan perihal yang terjadi akibat *downtime mesin crusher* yang berpengaruh pada produksi batu kapur persiapan bahan baku semen.

Kapasitas produksi yang dapat disuplai oleh plant tuban 2 *mesin crusher* adalah sebesar 1350 ton/jam. Karena proses penambangan batu kapur dilakukan oleh perusahaan sendiri maka nilai harga batu kapur tidak dapat diungkan sebelum menuju proses selanjutnya untuk diolah menjadi semen. Maka kerugian produksi batu kapur adalah sebagai berikut:

Tabel 4.24 Total Kerugian Produksi Batu Kapur

No.	Nama Komponen	Lama <i>Downtime</i> (jam)	Standart Produksi (ton/jam)	Kerugian produksi (ton)
1.	Wobbler Bar no.19	61,85	1350	83.497,5
2.	Hammer Mill	47,32	1350	63.887
3.	Sproket Breaker Plate	44,65	1350	60.277,5
4.	Linkpin Breaker Plate	17,47	1350	23.584,5
5.	Seal Bearing HM	11,82	1350	15.957
6.	Reducer	11,58	1350	15,633

Jadi total kerugian produksi akibat *downtime* yang tidak terduga pada wobbler feeder sebesar 83.497 ton dalam 1 tahun. Pada hammer mill sebesar 63.887 ton dan selanjutnya.

3. Biaya Pergantian Komponen

Biaya ini timbul akibat adanya kerusakan komponen yang membutuhkan penggantian komponen pada *mesin crusher* dapat dilihat pada tabel 4.22 berikut ini.

Tabel 4.25 Harga Komponen Prioritas kerusakan *Mesin Crusher*

No.	Nama Komponen	Harga Komponen
1.	Wobbler Bar no.19	Rp 23.167.521
2.	Hammer Mill	Rp 6.850.000
3.	Sproket Breaker Plate	Rp 39.170.413
4.	Linkpin Breaker Plate	Rp 521.300
5.	Seal Bearing HM	Rp 625.520
6.	Reducer	Rp 505.779.000

- Biaya perawatan (CM)

Biaya perawatan merupakan biaya yang digunakan untuk merawat komponen, seperti *grease* (pelicin), pembersihan *filter*, dan lain-lain. Berikut ini adalah contoh perhitungan biaya perawatan (CM) pada *Wobbler Feeder* no 19:

$$\begin{aligned} \text{CM} &= (\text{Biaya Tenaga Kerja} \times \text{MTTR}) + \text{Biaya Perawatan} \\ &= (\text{Rp } 300.000,00 \times 5,154 \text{ jam}) + \text{Rp } 30.000,00 \\ &= \text{Rp } 1.576.200,00 \end{aligned}$$

Biaya perawatan Rp. 30.000,00 adalah asumsi yang diberikan perusahaan untuk pemberian oli, pembersihan, dll. Dengan cara yang sama,

maka diperoleh hasil perhitungan biaya penggantian komponen karena kerusakan seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.26 berikut ini.

Tabel 4.26 Hasil Perhitungan Biaya Perawatan (CM)

No.	Nama Komponen	Perawatan Yang Dilakukan	Kerugian Produksi selama 1 tahun (ton)	Biaya Perawatan (Rp)	Biaya Tenaga (Rp/jam)	MTTR (jam)	CM (Rp)
1.	Wobbler Bar no.19	Pemberian <i>grease</i> dan pembersihan	83497,5	30.000	300.000	5,15433	1.576.200
2.	Hammer Mill	Pemberian <i>grease</i> dan pembersihan	63.887	30.000	300.000	3,32886	1.028.658
3.	Sproket Breaker Plate	Pemberian <i>grease</i> dan pembersihan	60.277,5	50.000	300.000	1,02193	356.579
4.	Linkpin Breaker Plate	Pengencangan pin, pemberian <i>grease</i>	23.584,5	30.000	300.000	0,4775	173.250
5.	Seal Bearing HM	Pembersihan <i>grease</i> yang rembes	15.957	50.000	300.000	1,31397	441.191
6.	Reducer	Pengencangan gear	15,633	123.000	300.000	2,9625	1.011.750

Sumber : Pengolahan Data

Berdasarkan perhitungan biaya perawatan diatas meliputi biaya kerugian produksi dari mesin crusher karena perawatan pada wobbler feeder no 19 sebesar Rp. 1.576.200,00 meliputi pemberian *grease* dan pembersihan selama 5,15 jam. Sedangkan pada Hammer mill dengan total biaya Rp.1.028.000,00 meliputi kegiatan pemberian *greace* dan pembersihan selama 3,32 jam.

- Biaya Penggantian Komponen Karena Kerusakan (CF)

Cost Failure (CF) merupakan biaya penggantian yang meliputi biaya tenaga kerja, biaya downtime dan harga komponen. Rumus yang digunakan untuk menghitung biaya penggantian karena kerusakan adalah.

$$CF = ((\text{Biaya Tenaga Kerja} + \text{Biaya Kerugian Produksi}) \times \text{MTTR}) + \text{Harga Komponen}$$

Contoh perhitungan biaya penggantian komponen karena kerusakan (CF) pada *wobbler feeder* no 19 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 CF &= ((\text{Biaya Tenaga Kerja} + \text{Biaya Kerugian Produksi}) \times \text{MTTR}) \\
 &\quad + \text{Harga Komponen} \\
 &= ((\text{Rp } 300.000 + 1350 \text{ ton/jam}) \times 5,15433 \text{ jam}) + \text{Rp } 23.167.521,00 \\
 &= \text{Rp } 1.546.299 + 6.958,3 \text{ ton} + \text{Rp } 23.167.521,00 \\
 &= \text{Rp } 24.713.820 + 6958,3 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Biaya kerugian produksi tidak dapat diuangkan, kapasitas produksi setiap jam sebesar 1350 ton/jam. Dengan cara yang sama, maka diperoleh hasil perhitungan biaya penggantian komponen karena kerusakan seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.27 berikut ini.

Tabel 4.27 Hasil Perhitungan Biaya Penggantian Komponen karena Kerusakan (CF)

No.	Nama Komponen	Harga Komponen	Biaya Tenaga (Rp/jam)	MTTR (jam)	CF (Rp)	Kerugian Produksi Selama Perbaikan
1.	Wobbler Bar no.19	Rp 23.167.521	300.000	5,15433	Rp 24.713.820	6958,3 ton
2.	Hammer Mill	Rp 6.850.000	300.000	3,32886	Rp 7.848.658	4493,96 ton
3.	Sproket Breaker Plate	Rp 39.170.413	300.000	1,02193	Rp 39.476.992	1379,6 ton
4.	Linkpin Breaker Plate	Rp 521.300	300.000	0,4775	Rp 664.550	644,625 ton
5.	Seal Bearing HM	Rp 625.520	300.000	1,31397	Rp. 1.019.711	1773,86 ton
6.	Reducer	Rp 505.779.000	300.000	2,9625	Rp 506.667.750	3999,37 ton

Sumber : Pengolahan Data

Pengurangan biaya dapat dihitung dengan perbandingan dari hasil perencanaan interval perawatan komponen kritis dan data historis yang didapatkan pada tahun 2014. Sesuai dengan jadwal target realisasi TPM pada langkah ke 4 perencanaan TPM, maka dapat dihitung sebagai berikut.

- Biaya sebelumnya = (CM x Frekuensi X) + (CF x Frekuensi X)
- Biaya perencanaan = (CM x Frekuensi V) + (CF x Frekuensi V)

Berikut ini adalah hasil perhitungan biaya perawatan komponen sebelum dan sesudah perencanaan TPM.

Tabel 4.28 Hasil Perhitungan Penghematan Biaya Penggantian Komponen karena Kerusakan

No.	Nama Komponen	CM (Rp)	CF (Rp)	X	V	P	Biaya Perawatan sebelum	Biaya Perawatan Perencanaan	Penghematan
1.	Wobbler Bar no.19	Rp 1.576.200	Rp 24.713.820	16	12	1	Rp 49.933.020	Rp 43.628.220	Rp 6.304.800
2.	Hammer Mill	Rp 1.028.658	Rp 7.848.658	16	12	3	Rp 40.004.502	Rp 35.889.870	Rp 4.114.632
3.	Sproket Breaker Plate	Rp 356.579	Rp 39.476.992	48	48	2	Rp 96.069.776	Rp 96.069.776	Rp -
4.	Linkpin Breaker Plate	Rp 173.250	Rp 664.550	24	24	6	Rp 8.145.300	Rp 8.145.300	Rp -
5.	Seal Bearing HM	Rp 441.191	Rp 1.019.711	12	9	2	Rp 7.333.714	Rp 6.010.141	Rp 1.323.573
6.	Reducer (Repair)	Rp 1.011.750	Rp506.667.750	12	6	1	Rp 12.141.000	Rp 6.070.500	Rp 6.070.500
TOTAL							Rp213.627.312	Rp 195.813.807	Rp 17.813.505

Sumber: Pengolahan Data Penulis

Keterangan

CM : Biaya perawatan

CF : Biaya Pergantian komponen

V : Target Realisasi

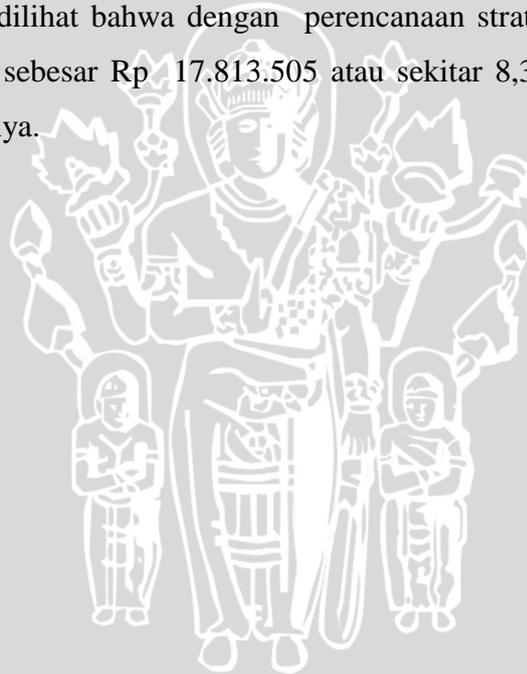
X : Data Current

P : Pergantian Komponen Baru

Contoh perhitungan biaya perawatan pada Wobbler Feeder no 19 adalah sebagai berikut:

- Biaya Perawatan Wobbler Feeder no 19 sebelumnya
 $= (\text{Rp } 1.576.200,00 \times 16) + (\text{Rp } 24.713.820 \times 1)$
 $= \text{Rp } 49.933.020$
- Biaya Perawatan Wobbler Feeder no 19 perencanaan
 $= (\text{Rp } 1.576.200,00 \times 12) + (\text{Rp } 24.713.820 \times 1)$
 $= \text{Rp } 43.628.220$

Jadi penghematan yang dapat dilakukan pada komponen Wobbler Feeder no 19 adalah $\text{Rp } 49.933.020 - \text{Rp } 43.628.220 = \text{Rp } 6.304.800$. Demikian perhitungan untuk komponen prioritas yang lainnya dapat digunakan dengan menggunakan cara yang sama, sehingga hasilnya dapat dilihat bahwa dengan perencanaan strategi TPM didapatkan penghematan total biaya sebesar $\text{Rp } 17.813.505$ atau sekitar 8,34 % dari total biaya perawatan yang sebelumnya.



(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)

