BAB I
PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang masalah yang diteliti, perumusan masalah, tujuan dan manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini, serta batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini.

1.1. Latar Belakang

PT. Semen Gresik (Persero) Tbk. Adalah perusahaan yang bergerak pada bidang industri semen. Ada 4 unit pabrik yang berada di Tuban dan memasok kebutuhan semen di Jawa, Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Kalimantan, Dalam rangka usaha pemenuhan target produksi tersebut dituntut adanya kelancaran proses produksi sehingga produksi semen akan meningkat dan keuntungan yang diharapkan dapat tercapai.

Salah satu komponen vital yang menunjang proses produksi bagi PT. Semen Gresik (Persero) Tbk. yaitu unit operasi *crusher* dengan menggunakan mesin *hammer crusher*. Fungsi dari unit operasi *crusher* terutama mesin *hammer crusher* adalah untuk memproses material *limestone* (batu kapur) yang berukuran maksimum 120 cm menjadi material batu kapur berukuran 90-108 mm. Namun, dalam operasionalnya mesin *hammer crusher* sering mengalami masalah yang terus berulang (*Repetitive Problem*), sehingga kegiatan produksi pun sering sekali terhenti. Masalah tersebut adalah kerusakan yang terus berulang pada beberapa komponen mesin membuat kinerja mesin pada unit *crusher* kurang optimal. Berikut daftar permasalahan yang berulang pada unit *crusher* PT. Semen Gresik (Persero) Tbk. pada kurun waktu September 2010 – September 2011.

Tabel 1.1 Data *Repetitive Problem Crusher* Tuban III PT. Semen Gresik.

No	Komponen	Frekuensi Kegagalan
1	Hopper 243EN3	8
2	Wobbler 243BC3	6
3	Rotor 243BC3	6
4	Appron 243BC3	7
5	Rotary 243BC3	5
6	Oil Plate 243BC3	10

Sumber: (Unit Operasi *Crusher* PT. Semen Gresik Pabrik Tuban)

Karena tempat dari unit *crusher* di PT. Semen Gresik pabrik Tuban berdekatan dengan area tambang batu kapur, maka lingkungan tempat mesin *hammer crusher* sangat

berdebu. Debu-debu yang bersifat abrasif tersebut masuk menempel pada komponen – komponen mesin yang bergerak sehingga sering membuat gangguan pada kinerja mesin sendiri.

Selama ini usaha unit *crusher* PT. Semen Gresik pabrik Tuban melakukan perawatan berkala *Preventive Maintenance* (PM). Namun permasalahan tersebut masih menjadi masalah yang sering muncul. Untuk itu diperlukan metode yang mampu mengatasi permasalahan yang selalu berulang tersebut. Salah satu metode yang bisa digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang biasanya digunakan untuk mengatasi masalah kerusakan mesin.

Reliability Centered Maintenance (RCM) didefinisikan sebagai suatu struktur proses logika yang konsisten dalam melakukan analisa kegagalan sistem untuk mengembangkan taktik dan strategi pemeliharaan dengan diagram keputusan yang didasarkan pada konsekuensi kegagalan tersembunyi, dampak lingkungan dan keselamatan, operasi dan non operasi terhadap sumber aset fisik di dalam kontek atau pola operasi. Kelebihan lain metode ini adalah dapat menganalisa fungsi komponen, jenis kerusakan yang terjadi, efek yang ditimbulkan akibat kerusakan, serta tindakan yang harus diberikan untuk mengatasi kerusakan pada komponen kritis. RCM mencakup *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analisys* (FTA) yang digunakan sebagai metode untuk analisa data kegagalan untuk pengembangan dan mencari penyebab dasar kegagalan. Oleh karena itu, metode RCM ini menjadi metode yang sangat komplet untuk mengetahui dan mengatasi permasalahan kegagalan komponen-komponen kritis pada mesin *crusher*.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis mengidentifikasi permasalahan kegiatan perawatan mesin pada unit *crusher* di PT. Semen Gresik (Persero) Tbk. adalah sebagai berikut :

1. Terjadi permasalahan yang berulang (*Repetitive Problem*) pada mesin *Hammer crusher* pada mesin *crusher* pabrik Tuban III.
2. Lingkungan yang berdebu membuat komponen mesin yang bergerak tercemari oleh debu yang bersifat abrasif sehingga mengganggu kinerja mesin *Hammer crusher.*
3. Adanya komponen yang kritis pada mesin *crusher* pabrik Tuban III

4. Kegiatan perawatan yang selama ini dilakukan di unit *crusher* belum optimal.

1.3. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah senagai berikut :

1. Komponen/instrumen apa saja yang kritis pada mesin *crusher* pabrik Tuban III berdasarkan nilai kegagalan komponen.
2. Perawatan apa saja yang sesuai dengan memperhatikan konsekuensi yang ditimbulkan oleh kegagalan pada mesin *crusher* pabrik Tuban III.
3. Bagaimana mengatur penjadwalan perawatan terhadap peralatan atau komponen yang kritis pada mesin *crusher* pabrik Tuban III.
4. Bagaimana biaya perawatan optimal terhadap komponen kritis pada mesin *crusher* pabrik Tuban III.

.

1.4. Batasan Masalah

Agar penulisan dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan alurnya maka perlu diberikan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Obyek penelitian ini hanya dibatasi di mesin *crusher* pabrik Tuban III PT. Semen Gresik (Persero) Tbk. berdasarkan nilai kegagalan komponen.
2. Data yang digunakan dalam analisis ini yaitu waktu antar kegagalan komponen, biaya-biaya paerbaikan, biaya komponen dan waktu pengoperasian.

1.5. Asumsi

Adapun asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah:

1. Mesin *crusher* pabrik Tuban III pernah mengalami kegagalan atau kerusakan dan perbaikan terhadap sistem diasumsikan optimal.
2. Tidak dilakukan kajian mengenai kegagalan sistem yang disebabkan *human error*.

1.6. Tujuan Penelitian

Tujuan diadakan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui komponen/instrumen yang kritis pada mesin *crusher* pabrik Tuban III berdasarkan nilai kegagalan komponen.

2. Mengidentifikasi kegagalan unit *crusher* serta memberikan penilaian prioritas resiko kegagalan pada komponen mesin *crusher* pabrik Tuban III.
3. Menentukan perawatan yang tepat terhadap unit operasi crusher dengan memperhatikan konsekuensi yang ditimbulkan oleh kegagalan mesin *crusher* pabrik Tuban III.
4. Menetukan biaya perawatan yang optimal pada mesin *crusher* pabrik Tuban III.

1.7. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi Universitas memperkaya wawasan pengetahuan sebagai bahan studi bagi rekan-rekan mahasiswa dan juga sebagai pertimbangan bagi mahasiswa yang ingin mengerjakan tugas akhir.
2. Bagi perusahaan hasil penelitian ini memberikan masukan mengenai kegiatan perawatan yang optimal dan memberikan masukan tentang penjadwalan perwatan terhadap peralatan atau komponen yang sering mengalami kegagalan pada unit *crusher* di PT. Semen Gresik (Persero) Tbk. serta memberikan evaluasi terhadap kegiatan perawatan yang telah dilakukan.
3. Bagi peneliti, peneliti mendapatkan gambaran mengenai aplikasi dari teori keandalan dan penerapan keandalan pada kegiatan yang sesungguhnya.

BAB II
DASAR TEORI

Bab ini membahas mengenai teori-teori yang akan digunakan untuk menganalisis dan mengolah data. Berikut ini merupakan penjelasan lebih lanjut untuk masing-masing bagian.

2.1. Perawatan (*Maintenance*)

Secara umum *maintenance* dapat diartikan sebagai usaha yang dilakukan untuk menjaga kondisi suatu alat atau sistem agar dapat melakukan kerja sesuai dengan standart yang diinginkan. Kegiatan *maintenance* bertujuan untuk meyakinkan bahwa asset fisik yang dimiliki dapat terus berjalan sesuai fungsi yang diinginkan oleh pengguna (user). *Maintenance* merupakan salah satu cara efektif untuk meningkatkan keandalan suatu sistem. Tujuan utama dilaksanakannya sistem manajemen perawatan/*maintenance* adalah :

1. Memperpanjang umur pakai fasilitas produksi.
2. Menjamin tingkat ketersediaan yang optimum dari fasilitas produksi.
3. Menjamin kesiapan *operasional* seluruh fasilitas yang diperlukan untuk pemakaian darurat.
4. Menjamin keselamatan operator dan pemakai fasilitas.

Untuk mempertahankan suatu alat/sistem dalam keandalan yang tinggi, maka kegiatan *maintenance* diharapkan :

1. Mampu menangani setiap kegagalan secara efektif dengan teknik pemeliharaan yang memadai.
2. Dapat meningkatkan produktivitas pemeliharaan dengan pendekatan yang lebih proaktif dan terencana.
3. Dapat memperpanjang waktu antar *shutdown*.
4. Memberikan dukungan yang aktif serta kerja sama antara unit *maintenance*, produksi dan *engineering*.
5. Secara garis besar *maintenane* dibedakan menjadi 2 yaitu :
    a. *Planned maintenance*
    b. *Unplanned maintenance*

2.2. Keandalan

Salah satu aspek yang dapat mempengaruhi keberhasilan proses produksi adalah keandalan komponen atau sistem untuk tidak mengalami kegagalan dalam jangka waktu tertentu. Penerapan teori keandalan dapat membantu untuk memperkirakan peluang suatu komponen atau sistem dapat melaksanakan fungsinya dalam jangka waktu tertentu dalam kondisi tertentu.

Keandalan didefinisikan sebagai probabilitas suatu komponen, sub-sistem atau sistem untuk dapat menjalankan fungsinya tanpa mengalami kegagalan pada kondisi pengoperasian tertentu dan dalam lingkungan tertentu untuk periode waktu yang telah ditentukan. (Ebeling. 1997). Hal penting dalam kaitannya dengan keandalan adalah faktor waktu. Dalam hal ini waktu yang berkaitan dengan laju kegagalan (*failure rate*). Karena waktu kerusakan adalah suatu kejadian yang bersifat random, sehingga fenomena kerusakan dapat digambarkan dalam bentuk probabilitas kerusakan yang mengikuti distribusi tertentu. Kegagalan (*failure*) merupakan kejadian yang tidak pasti dan dapat terjadi akibat kerusakan sistem ataupun gangguan dari luar yang tidak terduga.

Agar dapat dilakukan analisa keandalan, maka :

1. Kegagalan atau *failure* dari sistem tersebut harus jelas dan harus dapat diobservasi
2. Waktu kegagalan harus bisa diidentifikasi
3. Sistem harus bisa diobservasi unjuk kerjanya pada kondisi normal.

2.3. Fungsi Keandalan

Keandalan dari suatu komponen atau sistem adalah probabilitas untuk tidak mengalami kegagalan atau dapat melaksanakan fungsinya selama periode waktu t atau lebih. Fungsi keandalan terhadap waktu dapat dinyatakan sebagai berikut (Ebeling. 1997:25):

$$R(t) = 1 - F(t)$$

$$= \int_0^\infty f(t)dt \qquad (2\text{-}1)$$

Dimana: f(t) = fungsi padat peluang

F(t) = probabilitas kegagalan

R(t) = keandalan (*reliability*)

2.4. Laju Kegagalan

Laju kegagalan (λ) adalah banyaknya kegagalan persatuan waktu tertentu. Laju kegagalan dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi komponen, sub-sistem maupun sistem (Ebeling, 1997:32).

$$\lambda = f / T$$

$$\lambda = f(t) / R(t) \qquad (2\text{-}2)$$

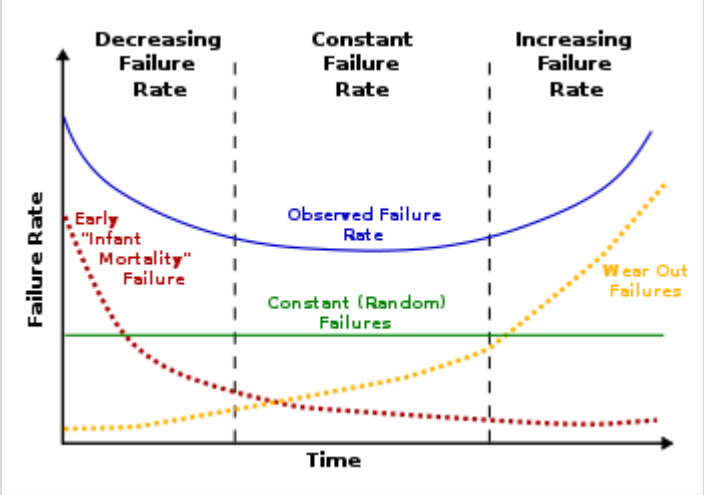
Dimana :

f = banyak kegagalan selama jangka waktu operasi.

T = total waktu operasi.

Fungsi laju kegagalan digunakan untuk mendiskripsikan perilaku komponen yang tidak dapat memenuhi fungsinya pada suatu sistem, serta peluang komponen untuk gagal pada interval waktu berikutnya.

Konsep laju kegagalan dilatarbelakangi oleh banyak komponen, perangkat atau sistem rekayasa yang ternyata menunjukkan perilaku mengikuti sebuah kurva, yaitu kurva bak mandi (*bath-tub curve*) seperti gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kurva *Bath-tub*
(Sumber: www.Reliability.com: Anynomous)

Penjelasan kurva *bath-tub* untuk garis merah adalah opemetaan tingkat awal atau *infant mortality* yaitu kegagalan ketika pertama kali diperkenalkan, kemudian untuk warna hijau, laju kegagalan acak dengan tingkat kegagalan konstan selama masa pakai produk dan warna kuning atau tingkat akhir aus kegagalan sebagai produk melebihi desainnya seumur

hidup. Berdasarkan gambar, sebuah komponen perangkat atau sistem akan bekerja dengan waktu operasi yang terbagi dalam tiga fase:

2.4.1. Masa awal

Periode ini disebut-sebut sebagai *Decreasing Failure Rate* (DFR). Merupakan penurunan laju kerusakan seiring bertambahnya waktu. $\lambda(t)$ menunjukkan gejala menurun (DFR) akibat dari kegagalan dini (*early failure*). kegagalan tersebut diakibatkan kerusakan dalam manufaktur, retak saat pengelasan, patah, pengendalian terhadap kualitas rendah, kontaminasi, kualitas pengendalian rendah. periode ini dikenal sebagai periode pemanasan (*burn-in period*).

2.4.2. Masa berguna

Periode ini disebut sebagai *Constant Failure Rate* (CFR). Pada periode ini biasa dikenal sebagai *useful life period*. Ditunjukkan $\lambda(t)$ yang kurang lebih konstan (CFR). Periode ini mempunyai karakteristik kegagalan yang terjadi secara tidak wajar karena tegangan berlebih ataupun beban acak lingkungan, *human error*.

2.4.2 Masa aus

Disebut-sebut dengan *increasing failure Rate* (IFR). Menunjukkan peningkatan peluang kegagalan komponen selama interval waktu yang sama berikutnya. Kegagalan yang terjadi pada fase ini diakibatkan oleh penuaan, korosi, gesekan, sehingga disebut juga fase pengausan (*wear out*).

2.5. FMEA (*Failure Modes and Effect Analisys*)

Failure Modes and Effect Analisys merupakan suatu teknik *management failure* untuk mengidentifikasikan penyebab kegagalan suatu aset tidak mampu melaksanakan fungsi standard yang diharapkan oleh pengguna. *Failure mode* dapat didefinisikan bagaimana suatu aset dapat mengalami kerusakan, bertujuan untuk menemukan akar permasalahan (*root cause*) dari kegagalan yang timbul. *Failure effect* menjelaskan dampak yang ditimbulkan apabila *failure mode* tersebut terjadi. FMEA dapat dikatakan sebagai suatu kegiatan yang bertujuan untuk :

1. Memahami dan mengevaluasi potensi kegagalan dari suatu alat dan akibatnya.
2. Mengidentifikasi aktivitas yang dapat mengeliminasi atau mengurangi kesempatan kejadian potensial.
3. Mendokumentasikan sebuah proses.

FMEA sering digunakan sebagai langkah awal untuk melakukan studi terhadap keandalan. melibatkan banyak tinjauan terhadap komponen-komponen, rakitan, dan subsistem yang kemudian diidentifikasi kemungkinan bentuk kegagalannya, serta penyebab dan efek dari masing-masing kegagalan. Untuk tiap komponennya, setiap bentuk kegagalan dan efek yang ditimbulkannya pada sebuah sistem akan dituliskan pada form FMEA yang telah dibuat.

Tabel 2.1. *Failure Mode and Effect Analysis Worksheet*

FMEA WORKSHEET			**SISTEM :**								
			SUBSISTEM :								
No	**Komponen**	**Function**	**Functional Failure**	**Failure Mode**	**Failure Effect**			**S**	**O**	**D**	**RPN**
					Local	***System***	***Plant***				

Sumber: (Bowles & Bonnel, 1996 : 29)

Teknik FMEA digunakan sebagai bagian integral dari pelaksanaan analisa RCM (*Reliability Centered Maintenance*). Ide utama RCM adalah untuk mencegah kegagalan dengan mengeliminasi atau mengurangi penyebab kegagalan. Analisa FMEA memfokuskan pada penyebab kegagalan dan mekanisme terjadinya kegagalan. ketika penyebab dan mekanisme kegagalan telah diidentifikasi untuk setiap *failure mode*, selanjutnya akan dapat memungkinkan kita memberikan saran untuk waktu pelaksanaan *preventive maintenance*, atau perencanaan tindakan monitoring, untuk mencegah *failure rate*.

Untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan *mode* kegagalan yang penting sebagai fungsi *severity* (keparahan) dari efek pada level sistem dan kemungkinan *occurane* (kejadian) maka dilakukan penilaian kekritisan. Dalam metode RPN parameter untuk

menilai kekritisan dari item suatu mode kegagalan adalah frekuensi kejadian, *severity* (keparahan) dari efek kegagalan dan deteksi (Bowles & Bonnel, 1996:43).

$$RPN = Severity \times occurance \times detection \quad (2\text{-}3)$$

Tabel di bawah ini menunjukkan *Variable Liquistik* yang dapat digunakan untuk menggambarkan bebeerapa parameter antara lain *Occurance* (O), *Severity* (S), dan *Detection* (D).

Tabel 2.2. Frekuensi Kriteria *Occurance*/O

Ranking	**Probabilitas Kegagalan**	**Kejadian**
1	O < 0,00005	Rendah
2	0,00005 ≤ O < 0,00025	
3	0,00025 ≤ O < 0,00100	
4	0,00100 ≤ O < 0,00250	Menengah
5	0,00250 ≤ O < 0,01250	
6	0,01250 ≤ O < 0,02500	
7	0,02500 ≤ O < 0,05000	
8	0,05000 ≤ O < 0,12500	Tinggi
9	0,12500 ≤ O < 0,50000	
10	O ≥ 0,50000	

Sumber :(Bowles & Bonnel, 1996 : 45)

Tabel 2.3. Kriteria Evaluasi *Severity*/S

Ranking	Efek Keparahan (*Severity)*	Kejadian
1	Tidak ada alasan untuk memperkirakan adanya efek rill pada performance	
2	Sedikit kemerosotan tidak berarti pada performance	
3	Kemerosotan performance yang sedikit berarti	Rendah
4	Kemungkinan ada indikasi	
5	Sedikit ada degradasi sistem performance	
6	Ada indikasi degradasi sistem performance	
7	Terjadi degradasi sistem performance	Menengah
8	Ada perubahan keadaan operasi, tapi tidak melibatkan keselamatan dan peraturan pemerintah	
9	Tidak dapat beroperasi, kegagalan dapat menyebabkan kerusakan fisik	
10	Kelemahan sistem tidak akan dapat dideteksi	Tinggi

Sumber :(Bowles & Bonnel, 1996 : 45)

Tabel 2.4. Kriteria Evaluasi *Detection*/D

Ranking	Arti	Dtection
1	Kelemahan Sistem Pasti dapat dideteksi	
2	Ada kesempatan baik mendeteksi kelemahan sistem	Rendah
3	Ada kesempatan untuk mendeteksi kelemahan sistem	
4	Kemungkinan ada kesempatan baik untuk mendeteksi	
5	Ada kemungkinan kesempatan untuk mendeteksi	Menengah
6	Kelemahan sistem mungkin dapat dideteksi	
7	Kelemahan sistem susah untuk dapat dideteksi	
8	Kelemahan sistem mungkin tidak dapat dideteksi	
9	Kelemahan sistem tidak dapat dideteksi	Tinggi
10	Kelemahan sistem tidak akan dapat dideteksi	

Sumber :(Bowles & Bonnel, 1996 : 46)

Untuk dapat melakukan kegiatan FMEA, ada beberapa panduan prosedur guna memudahkan dalam aplikasinya.

1. Mengidentifikasi sistem yang dianalisa dan reabilitas performance yang diharapkan.
2. Membentuk fungsional blok diagram (jika perlu) untuk menggambarkan hubungan sistem, sub sistem dan komponen.
3. Menentukan *mode* kegagalan dari sistem atau sub sistem.
4. Daftar komponen, identifikasi *mode* kegagalan, rate kegagalan (*alternative failure rate*).
5. melengkapi satu set analisa lembar kerja FMEA terhadap efek dari masing-masing *sub assembly* atau komponen *mode* kegagalan terhadap kinerja sistem.
6. Menentukan ranking *saverity* dan rate kegagalan dengan tepat dilembar kerja dan evaluasi kekritisan terhadap masing-masing *mode* kegagalan di sistem.
7. *Review* lembar kerja dan identifikasi reabilitas kekritisan komponen dan membuat rekomendasi untuk perbaikan.

2.6. Reliability Centered Maintenance

Reliability Centered Maintenance didefinisikan sebagai suatu proses logika yang digunakan dalam menentukan tindakan yang tepat untuk menjamin aset fisik yang dimiliki perusahaan dapat terus menjalankan fungsinya sesuai yang diharapkan. RCM mengarahkan tindakan pada penanganan aset agar tetap handal dalam menjalankan fungsinya dengan tetap mengacu pada efektifitas biaya perawatan.

Penerapan metode RCM pada mulanya digunakan untuk pemeliharaan industri pesawat terbang dalam studi tentang keandalan terkait dengan pendataan yang kompleks. berikut digambarkan tentang perkembangan metode RCM.

1950. Pendekatan pemeliharaan tradisional ditemukan sudah tidak memadai lagi untuk *Aircraft Modern* setelah Perang Dunia II.
1960. Program keandalan di industri penerbangan, *Manufacture Maintenance Steering Group* (MSG).
1970. Diterapkan pada Boeing 747, MSG II diterapkan pada DC-10 dan L-1011.

1980. RCM diterapkan oleh United Airlines, MSG III telah dikembangkan ke B-757 dan B-767 (RCM : diagram keputusan direvisi).

1990. RCM diterapkan di industri Nuklir dan kemudian di berbagai macam industri lainnya.

Penelitian tentang RCM pada dasarnya berusaha menjawab 7 pertanyaan utama tentang aset atau peralatan yang diteliti.Ketujuh pertanyaan mendasar itu antara lain :

1. Apakah fungsi dan hubungan performansi standar dari aset dalam konteks operasional pada saat ini (*system functions*)?
2. Bagaimana aset tersebut rusak dalam menjalankan fungsinya (*functional failure*)?
3. Apa yang menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi tersebut (*failure modes*)?
4. Apakah yang terjadi pada saat terjadi kerusakan (*failure effect*)?
5. Bagaimana masing-masing kerusakan tersebut terjadi (*failure consequence*)?
6. Apakah yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah masing-masing kerusakan tersebut (*proactive task and task interval*)?
7. Apakah yang harus dilakukan apabila kegiatan proaktif yang sesuai tiddak ditemukan (*default action*)?

Masing-masing dari pernyataan di atas dapat dijelaskan dalam uraian sebagai berikut :

1. *System function*

Sebelum kita dapat menentukan kegiatan yang sesuai diberikan untuk mempertahankan aset fisik sehingga dapat beroperasi seperti yang diinginkan oleh user, ada dua hal yang harus kita penuhi yaitu :

a. Tentukan apa yang dikehendaki pemakai terhadap aset tersebut.
b. Pastikan bahwa aset tersebut mampu menjalankan apa yang dikehendaki oleh pemakai.

Hal ini menjadi alasan mengapa langkah pertama yang diterapkan dalam RCM adalah menentukan apa fungsi dari tiap aset yang dimilikidalam konteks operasi yang dijalankan, bersamaaan dengan standar performansi yang diinginkan. Apa yang pemakai inginkan terhadap aset dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu :

a. *Primary function,* merupakan fungsi utama dari peralatan tersebut. sedangkan yang masuk pada kategori fungsi ini adalah kecepatan, hasil, kapasitas angkut atau penyimpanan, kualitas produk dan layanan terhadap konsumen.
b. *Secondary function,* merupakan fungsi tambahan dari fungsi utama, yang biasanya disesuaikan dengan keinginan pemakai. Juga adanya keinginan dari user terhadap *safety, control,* kenyamanan, ekonomi, perlindungan, efisiensi operasi, pemenuhan terhadap peraturan/standar lingkungan serta semua yang tampak dan dimiliki oleh aset

2. Functional failure

Sasaran yang ingin dicapai dalam menjalankan kegiatan *maintenance* adalah sama seperti apa yang telah didefinisikan dalam fungsi dan standar performansinya. Namun bagaiman mencapai sasaran tersebut itulah yang dipertanyakan. Satu-satunya kejadian yang dapat menghentikan aset untuk menjalankan apa yang menjadi tugasnya adalah terjadinya *failure*. Untuk itu diperlukan adanya sebuah manajemen *failure*, dengan memperhatikan bagaimana terjadinya kegagalan tersebut. Proses RCM untuk mengetahui kegagalan adalah melalui 2 level :

a. Mengidentifikasi penyebab yang mengarah pada kondisi kegagalan (*failed state*).
b. Mempertanyakan kejadian yang dapat menyebabkan aset gagal (*failed state*) menjalankan fungsinya.

Dalam RCM, *failed state* dikenal sebagai *functional failure* karena hal tersebut terjadi ketika sebah aset tidak dapat memenuhi fungsinya sesuai performansi standar yang dapat diterima/diinginkanoleh *user*.

3. *Failure modes*

Setelah mengetahui *functional failure*, selanjutnya yang harus dilakukan adalah mengidentifikasi semua peristiwa/kejadian yang memungkinkan dapat menjadi penyebab terjadinya tiap-tiap kondisi kegagalan (*failed state*). Hal ini dikenal dengan sebutan *failur modes* atau bentuk-bentuk kegagalan. Seringnya setiap daftar bentuk kegagalan disebabkan karena penurunan kemampuan akibat pemakaian. Meskipun demikian, setiap daftar kerusakan juga dapat mencantumkan kegagalan yang disebabkan karena *human error* (baik karena operator maupun mainteners) maupun karena kesalahan desain.

4. *Failure effect*

Langkah keempat dalam proses RCM adalah membuat daftar efek dari kegagalan, yang menjelaskan apa saja yang terjadi ketika *failure mode* berlangsung. Pendeskripsian tersebut harus mencamtumkan semua informasi yang dibutuhkan untuk mendukung evaluasi terhadap konsekuensi yang ditimbulkan oleh *failure*, yang meliputi:

a. Bukti (jika ada) bahwa *failure* telah terjadi?
b. Dengan cara bagaimana (jika ada) *failure* tersebut mengancam keselamatan dan lingkungan?
c. Dengan cara bagaimana (jika ada) *failure* tersebut berakibat pada produksi dan operasional?
d. Kerusakan fisik seperti apa (jika ada) yang disebabkan oleh *failure*?
e. Apa yang dapat dilakukan untuk memperbaiki *failure* tersebut?

5. *Failure consequence*

RCM mengklasifikasikan konsekuensi kedalam empat bagian, yakni:

a. *Hidden failure consequence*

Adalah kegagalan fungsi yang tidak dapat menjadi bukti bagi operator bahwa telah terjadi kegagalan pada kondisi normal. Biasanya disebabkan oleh peralatan pengaman (*proactive devices*) yang gagal bekerja. *Hidden failure* tidak memiliki dampak langsung, namun nantinya dapat mengarah pada *multiple failure* yang lebih serius, yakni *catasthropic consequence*.

b. *Safety and environmental consequence*

Kegagalan dapat dikatan mempunyai konsekuensi terhadap keselamatan jika dapat melukai/mencedarai atau bahkan membunuh seseorang. Dan dikatan memiliki konsekuensi tearhadap lingkungan, jika melanggar standar regional lingkungan, nasional atau bahkan internasional

c. *Operational consequence*

Kegagalan dikatan memilki konsekuensi operasional jika berakibat atau berpengaruh pada kegiatan produksi (hasil keluaran, kualitas produk, pelayanan konsumen atau biaya operasi sebagai tambahan dari baiya langsung yang dikeluarkan untuk perbaikan).

d. *Non-operational consequence*

Kegagalan tidak mengarah pada konsekuensi *safety* maupun produksi. Kegagalan hanya berpengaruh pada biaya langsung yang ditimbulkan karena perbaikan.

6. Proactive task and task interval

Tindakan ini diambil sebelum *failure* terjadi, dengan harapan dapat mencegah item/peralatan mengarah pada kondisi gagal (*failed state*). Hal ini dikenal dengan istilah *Predictive* dan *preventive maintenance*, sedangkan dalam RCM sendiri digunakan pendekatan *scheduled restoration, scheduled discard* serta *on-condition maintenance*. *Proactive task* dapat menjadi sangat bermanfaat (*worth doing*) apabila dapat mengurangi konsekuensi kegagalan yang ada. Selain ini juga perlu ditambahkan pula bahwa sebelum ditentukan *task* tersebut telah sesuai (*worth doing*), kita juga harus menentukan bahwa hal tersebut *technically feasible*. *Tecnically feasible* dimaksudkan bahwa kegiatan yang diberikan memungkinkan atau sesuai diambil untuk dapat menurunkan konsekuensi dari *failure mode* yang ada masih dapat diterima/dijalankan oleh pemilik atau pengguna dari aset tersebut.

a. *Scheduled restoration task*

Merupakan tindakan pemulihan kemampuan item/komponen (*remanufacturing component*) pada saat atau sebelum batas umurnya, tanpa memperhatikan kondisinya pada saat itu. Kegiatan yang dilakukan seperti *overhauls* atau mengubah performansi seperti pada kondisi mesin sebelumnya dengan tujuan untuk mencegah terjadinya *failure mode* yang disebabkan karena umur peralatan/ Dalam penentuan *scheduled restoration task* ini, terdapat beberapa kriteria yang harus dipenuhi/ dapat dikatakan *technically feasible* apabila:

1) Telah dilakukan pengidentifikasian umur dimana item menunjukkan peningkatan laju terjadinya kegagalan.
2) Kebanyakan dari item-item tersebut dapat bertahan pada umur tersebut (jika kegagalan yang ditimbulkan memiliki dampak/konsekuensi terhadap *safety* dan *enviroment*).
3) Dapat dilakukan pemulihan daya tahan item terhadap kegagalan yang terjadi.

b. Scheduled discard task

Merupakan tindakan mengganti item/komponen ketika atau sebelum batas umur, tanpa memperhatikan kondisinya pada saat itu. *Scheduled discard task* dikatan *technically feasible* apabila:

1) Telah dilakukan pengidentifikasian umur dimana item menunjukkan peningkatan laju terjadinya kegagalan.
2) Kebanyakan dari item-item tersebut dapat bertahan pada umur tersebut (jika kegagalan yang ditimbulkan memiliki dampak/konsekuensi terhadap *safety* dan *enviroment*).

c. *Scheduled on-condition task*

Merupkan *scheduled task* yang diberikan untuk mendeteksi/memeriksa terjadinya kegagalan potensial (*potential failures*), sehingga dapat ditentukan tindakan untuk mencegah terjadinya *functional failures* atau menghindari konsekuensi dari *functional failures*. *Scheduled on-condition task* dikatan *technically feasible* apabila:

1) Memungkinkan untuk dilakukan penentuan kondisi kegagalan potensial secara jelas,
2) P-F interval relatif konsisten.
3) Dapat dilakukan monitoring terhadap item pada interval kurang dari P-F interval.
4) P-F interval cukup panjang untuk bisa dilakukan beberapa hal (dengan kata lain, cukup panjang untuk dapat dilakukan tindakan untuk mengurangi atau mengeliminasi konsekuensi dari *functional failures*).

7. Default action

Tindakan ini diambil setelah tindakan proaktif tidak dapat diberikan dalam menghadapi *failure mode* yang terjadi. *Default action* yang diambil ditentukan berdasarkan konsekuensi yang ditimbulkan oleh *failure*, sebagai berikut;

a. Jika *proactive task* tidak dapat diberikan untuk menurunkan resiko terhadap *multiple failure* yang berkaitan dengan *hidden function*, maka kegiatan periodik *failure finding* dapat diberikan.

b. Jika tindakan proaktif tidak dapat diberikan untuk menurunkan resiko kegagalan yang dapat berpengaruh pada *safety or the enviroment*, maka item tersebut harus tersebut harus didesain ulang atau proses yang dijalankan haru diubah.

c. Jika tindakan proaktif tidak dapat diberikan dimana biaya yang diberikan selama periode waktu tertentu kurang dari kegagalan yang disebabkan karena *operational consequence, default action* yang dapat diberikan adalah *no-scheduled maintenance*. Jika hal tersebut terjadi, namun *operational consequence* masih tetap tidak dapat diterima, *default action* yang dapat diberikan adalah *redesign*.

d. Jika tindakan proaktif tidak dapat diberikan dimana biaya yang diberikan selama periode waktu tertentu kurang dari kegagalan yang disebabkan karena *no-operational consequence, default action* yang dapat diberikan adalah *no-scheduled maintenance*. Dan jika biaya perbaikan terlalu tinggi, *default action* kedua dapat diberikan yakni melakukan *redesign*.

Reliability Centered Maintenance memberikan tiga kategori utama dalam *default action*, ketiga kategori tersebut yaitu:

a. Failure-finding

Meliputi tindakan *chekcing* secara periodik atau dengan interval waktu tertentu terhadap fungsi-fungsi yang tersembunyi (*hidden function*) untuk mengetahui apakah item telah mengalami kerusakan *failure finding* dikatan *technically feasible* jika:

1) Kegiatan tersebut memungkinkan untuk dapat dilakukan.
2) *Task* yang diberikan tidak semakin meninggalkan resiko terjadinya *multiple failure*.
3) *Task* yang diberikan praktis untuk dapat dilakukan pada interval yang telah ditentukan.

b. *Redesign*

Yakni melakukan perubahan terhadap kemampuan sebuah sistem. Mencakup modifikasi/perubahan terhadap spesifikasi komponen, menambah suatu item baru, memindahkan mesin satu dengan mesin yang berbeda jenis atau tipe atau

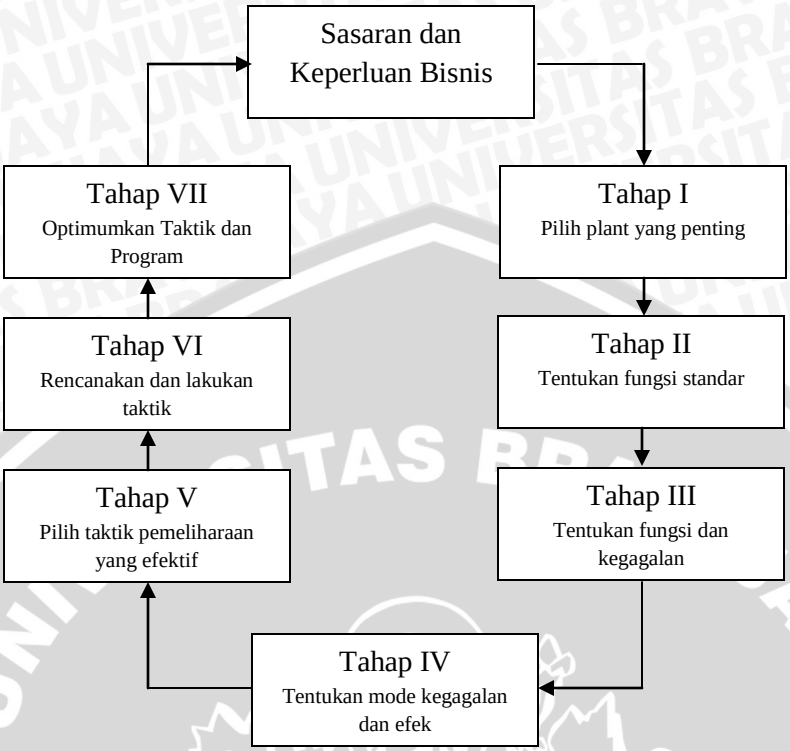
relokasi sebuah mesin. Hal ini juga dapat berarti dilakukan perubahan terhadap proses atau prosedur.

c. No-scheduled maintenance

Tidak dilakukan usaha yang diaplikasikan untuk mengantisipasi atau mencegah terjadinya *failure mode* sehingga kegagalan dibiarkan saja terjadi dan kemudian diperbaiki. Tindakan ini biasa juga disebut *run-to failure*. *No-scheduled maintenance* ini baru dapat dilakukan jika:

1) *Scheduled task* yang sesuai tidak dapat ditemukan untuk sebuah *hidden function*, dan kegagalan yang ditimbulkan tidak memiliki dampak terhadap *safety* maupun *enviroment*.
2) Biaya efektif (*cost-effective*) yang dikeluarkan untuk kegiatan *preventive task* tidak dapat ditentukan baik untuk dampak operasional maupun non-operasional.

Ketujuh pertanyaan di atas dituangkan dalam bentuk *failure mode and effect analysis* (FMEA). RCM mempunyai tujuh tahap *review* logis berdasarkan analisa resiko yang tergantung pada tujuan bisnis dan permintaan user dengan proses interaksi yang terstruktur seperti di bawah ini.



Gambar 2.2. Tahap Implementasi RCM
Sumber :(Bowles & Bonnel, 1996:34)

Penekanan terbesar pada *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah menyadari bahwa konsekuensi atau resiko dari kegagalan adalah jauh lebih penting daripada karakteristik teknik. Pada kenyataannya perawatan proaktif tidak hanya menghindari kegagalan, tetapi lebih cenderung untuk menghindari resiko atau mengurangi kegagalan.

Proses RCM mengklasifikasikan konsekuensi menjadi 4 kelompok. Strategi ini dapat dijadikan kerangka kerja untuk melakukan pengambilan keputusan pemeliharaan.

a) Konsekuensi Kegagalan Tersembunyai

   Kegagalan tersembunyi tidak mempunyai dampak secara langsung tetapi mempunyai implikasi kegagalan *multiple* yang lebih serius, bahkan bisa menjadi katastropik

b) Konsekuensi Keselamatan dan Lingkungan

   Kegagalan peralatan kadang-kadang mengakibatkan kegagalan *incident*. Sedangkan konsekuensi lingkungan kadang-kadang dapat menutup/menghentikan operasi perusahaan.

c) Konsekuensi Operasi

Adalah kegagalan yang mempengaruhi konsekuensi operasi yaitu produk, keluaran, biaya operasi dan biaya perawatan.

d) Konsekuensi Non Operasi

Kegagalan ini mengakibatkan kemanan maupun produksi, melainkan hanya melibatkan biaya langsung perbaikan.

Tabel 2.5. RCM *Decision Worksheet*

No	RCM Decision Worksheet		Sistem :……..				Facilitator: ……		Date: …..
			Subsistem :……				Auditor: …….		Year: …..
	Komponen	Function	Failure Mode	Failure Effect			Failure Consequences	Proactive Task	Proposed Task
				Local	System	Plant			

Sumber :(Bowles & Bonnel, 1996: 51)

2.7. Fault Tree Analysis (FTA)

Fault Tree Analysis adalah suatu diagram adalah suatu diagram yang digunakan untuk mendeteksi adanya gejala supaya dapat mengetahui akar penyebab suatu kegagalan pada sistem. Berbagai macam kejadian-kejadian dasar *(Basic Event)* dicatat yang dapat menyebabkab terjadinya kejadian utama *(Top Event)*. Diagram FTA dihubungkan dengan operator logika Boolean yang menyatakan kemungkinan terjadinya suatu kejadian jika kejadian lain juga terjadi ketika sistem bekerja.

2.7.1 Langkah – langkah Menyusun FTA

Adapun langkah-langkah menyusun FTA secara garis besar ada 4 langkah, yaitu sebagai berikut:

1. Mendefinisikan sistem atau proses

   Titik awal pengerjaan FTA biasanya merupakan hasil dari analisa FMEA yang mana merupakan langkah awal yang sangat penting untuk memahami sebuah sistem. Karena dengan FMEA desain, operasi dan lingkungan sebuah sistem dapat dievaluasi, sehingga

dapat diketahui hubungan sebab akibatn terjadinya sebuah masalah utama atau *Top event.*

2. Membuat *fault trees*

   Dalam pembuatan pohon kesalahan *(Fault trees)*, ada beberapa langkah yang harus diperhatikan untuk membuatnya yaitu:

   a. Menentukan *Top event* dengan cara yang jelas dan tidak ambigu. Harus selalu menjawab:

      Misalnya "What" jawabannya "Api"

      "Where" jawabannya "Dalam rector proses Oksidasi"

      "When: jawabannya "Selama opersai normal"

   b. Mencari penyebab yang membuat terjadinya *Top event.*

   c. Hubungkan melalui AND- atau OR-gate.

   d. Lanjutkan dengan cara ini untuk tingkat yang sesuai (peristiwa/ sistem dasar).

   e. Ranking sesuai level atau tingkatannya:

      1) Peristiwa/sistem dasar

      2) Peristiwa/sistem yang mempunyai data kegagalan.

3. Menganalisa *fault trees*

   Setelah membuat sebuah *fault trees* kemudian menganalisa kiranya apa yang menjadi penyebab utama terjadinya *Top event*. Sehingga penyebab kerusakan dan hubungan sebeb akibatnya mampu menjadi dasar dari sebuah proses dari sebuah sistem beroperasi kembali.

4. Mendokumentasikan hasilnya.

Ketika mendefinisikan FTA maka *boundary condition* (kondisi batas) dari sistem harus diperhatikan untuk mengidentifikasi setiap *Top even* atau *Basic even* dari sistem. *Boundry condition* meliputi:

a. Fisik batas-batas sistem (Bagian mana dari sistem termasuk dalam analisis, dan bagian mana yang tidak?).

b. Kondisi awal (Apa kondisi awal operasional sistem ketika *Top event* terjadi?).

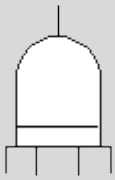
c. Faktor eksternal sistem (Apa jenis factor eksternal yang terjadi?) seperti perang, sabotase, gempa bumi, petir, dll.

d. Tingkat Resolusinya

2.7.2 Simbol-simbol FTA

Adapun simbol – simbol yang digunakan secara general, Aljabar Boolean, pada penyusunan FTA dapat dilihat pada table berikut ini:

Tabel 2.6. Simbol-simbol dalam penyusunan FTA

NAMA	SIMBOL	KETERANGAN
AND		Kejadian output terjadi jika semua peristiwa input terjadi serentak
OR		Peristiwa output terjadi jika paling tidak salah satu peristiwa input terjadi
Voting OR (k-out-of-n)		Peristiwa output terjadi jika K atau lebih dari peristiwa input terjadi.
XOR		Peristiwa output terjadi jika satu peristiwa tepat ketika peristiwa input terjadi
Inhibit		Peristiwa input terjadi jika semua peristiwa input terjadi dan peristiwa tambahan bersyarat juga terjadi
Priority AND		Peristiwa output terjadi jika semua peristiwa input terjadi dalam urutan tertentu
XOR		Peristiwa output terjadi jika satu peristiwa tepat ketika peristiwa input terjadi

Sumber: (www.fault-tree.net)

2.7.3 Perhitungan Probabilitas Kegagalan dalam FTA

Perhitungan probabilitas kegagalan dalam *Fault Tree Analysis* ada beberapa rumus yang digunakan tergantung dari symbol yang digunakan dalam FTA itu sendiri. Berikut rumus-rumus yang digunakan dalam *Fault Tree Analysis.*

a) Untuk *AND Gate,* rumus yang digunakan adalah $P_F = P_A \times P_B \times \ldots \times P_n$, dimana P adalah probabilitas peristiwa kegagalan yang terjadi.

b) Untuk *OR Gate,* ada dua jenis rumus yang berdasarkan kondisi *event* atau peristiwa yang terjadi. Jika peristiwa atau *event* yang terjadi terikat maka rumus yang digunakan adalah $P_F = P_A + P_B + \ldots + P_n$. Tetapi jika *event* atau peristiwa itu *independent* maka rumus yang digunakan adalah $P_F = P_A + P_B + \ldots P_n - P_A \times P_B \times \ldots \times P_n$.

2.8. Perhitungan Frekuensi Perbaikan Optimal

Perhitungan frekuensi perbaikan tiap komponen dilakukan setelah melakukan analisis FTA yang diawali dengan perhitungan probabilitas kegagalan peristiwa dasar (*basic event*). Berikut rumus dari perhitungan probabilitas kegagalan peristiwa dasar (Rahman A, 2012).

$$P_F = \frac{Tf}{Ta} \quad (2\text{-}4)$$

Dimana:

P_F = nilai probabilitas kegagalan peristiwa dasar pada FTA

Tf = Waktu kegagalan peristiwa dasar

Ta = Waktu Aktual (360 hari)

$$MTBF = \frac{MTTR}{P_F} \quad (2\text{-}5)$$

Dimana:

MTBF = Waktu antar kegagalan peristiwa dasar

MTTR = Waktu antar perbaikan peristiwa dasar

P_F = nilai probabilitas kegagalan peristiwa dasar pada FTA

Setelah mendapatkan nilai waktu antar kegagalan, selanjutnya melakukan pemetaan frekuensi waktu perbaikan selama jangka waktu 360 hari dengan mengekspektasikan nilai MTBF yang telah didapatkan per*basic event* selama 360 hari.

2.9. Perhitungan Biaya Perawatan

Selain evaluasi keandalan dengan interval waktu antar PM, faktor biaya juga sangat berpengaruh. Evaluasi biaya meliputi harga komponen yang diganti, tenaga kerja yaitu yang meliputi biaya kerja untuk perbaikan, pelepasan dan pemasangan peralatan, *loss product* yaitu jumlah hilangnya kesempatan produksi pada saat pabrik berhenti berproduksi, biaya kerusakan lingkungan dan *mean time to repair* (Bowles & Bonnel, 1996:64).

$$C_R = C_P + \left((C_W + C_o) \times MTTR\right) \quad (2\text{-}6)$$

Dimana:

C_R = biaya perbaikan

C_F = biaya komponen

C_W = biaya pekerja

C_o = biaya konsekuensi operasional

MTTR = *Mean time to failure*

2.10. Sistem Penghancuran Material

Penghancuran material pada dasarnya bertujuan untuk mereduksi ukuran material, dari ukuran bongkah besar menjadi pecahan kecil. Penghancuran (*crush*) umumnya dilakukan dalam tiga tahap (*Currie, 1973*), yaitu:

1. Penghancur primer

   Peremuk tahap pertama, mereduksi material dari tabung, berukuran 60 inchi dan menjadi produk berukuran -8+6 inchi. Alat yang sering digunakan adalah *jaw crusher*, *gyratory crusher*, dan *impact crusher*.

2. Penghancur sekunder

   Merupakan penghancur tahap kedua, mereduksi produk penghancur primer mejadi ukuran -3+2 inchi. Alat yang dipakai pada tahap ini adalah *gyratory crusher* dan *cone crusher*.

3. Penghancur tersier

   Penghancur tahap lanjut yang mereduksi umpan dari peremuk sekunder menjadi produk yang berukuran -1/2+3/8 inchi. Alat yang dipakai adalah *ball mills* dan *hammer mills.*

Untuk memperkecil material hasil penambangan yang umumnya masih berukuran bongkah digunakan alat penghancur. Material hasil penghancuran kemudian dilakukan pengayaan (*screening*) yang akan menghasilkan dua macam produk yaitu produk yang lolos ayakan yang disebut *undersize* yang merupakan produk yang akan diolah lebih lanjut atau sebagai produk akhir, dan material yang tidak lolos ayakan yang disebut *oversize* yang merupakan produk yang akan dikembalikan lagi ke dalam alat penghancur melalui *conveyor* untuk dilakukan penghancuran lagi.

2.11. Alat Penghancur Material

Pada proses penghancuran ini material akan direduksi sesuai ukuran yang telah ditetapkan, gaya-gaya yang mengakibatkan material remuk antara lain:

a. Gaya tekan (*Compresion*)

   Gaya tekan dari alat penghancur harus lebih besar dari kekuatan material, gaya tekan bisa berasal dari satu permukaan ataupun dua permukaan. Alat penghancur yang menggunakan gaya tekan untuk meghancurkan material adalah *Jaw crusher, Gyratory crusher,* dan *Roll crusher*.

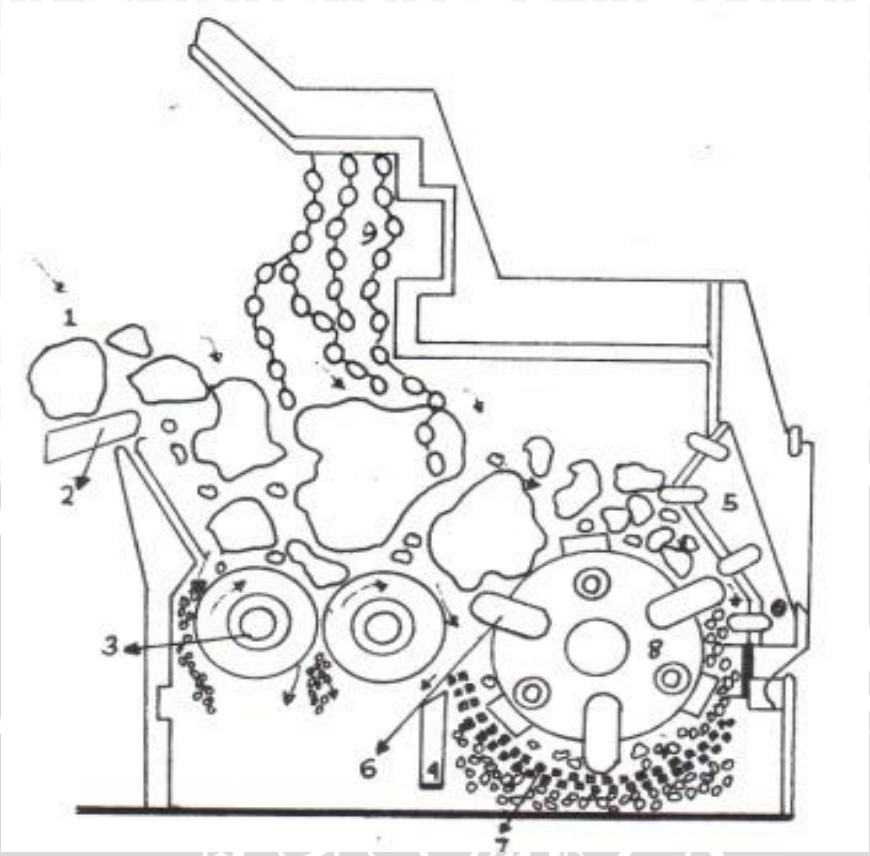
b. Gaya pukul (*Impact*)

   Pukulan dikenakan pada material dimana semakin cepat pukulan maka material yang terpukul akan semakin mudah untuk pecah. Alat penghancur yang menggunakan gaya pukul untuk menghancurkan material adalah *Hammer mill* dan *Impact crusher*.

c. Gaya gesek (*Abration*)

   Gesekan akan mengakibatkan material hancur, gesekan bisa terjadi dari media yang digunakan untuk menghancurkan atau dari sesame material yang akan dihancurkan. Alat penghancur yang menggunakan gaya ini adalah *Ball mill*.

Pada *hammer crusher* terdapat satu buah *rotor* dengan sejumlah *hammer* yang berputar. Prinsip kerja dari *hammer crusher* adalah penghancuran btuan akibat adanya benturan yang ditimbulkan oleh batang-batang *hammer* dengan material.



Gambar 2.3. *Single Impact Hammer Crusher*

Sumber: (Unit operasi crusher PT. Semen Gresik pabrik Tuban,2009)

Keterangan Gambar :

1. *Hopper*
2. *Feeder*
3. *Wobler Feeder*
4. *Cleaning Bars*
5. *Breaker Plate*
6. *Hammer*
7. *Screen Bars*
8. *Main Shaft*
9. *Chain*

Bagian-bagian penting dari *hammer crusher* dalam proses penghancuran material adalah sebagai berikut:

a. *Rotor*

Penghancuran material dimulai pada unit *rotor*, di unit ini material langsung terpukul oleh *hammer bar*. Dimana *hammer* yang terpasang terdiri atas beberapa buah dan tersusun dalam beberapa baris. *Hammer* dalam satu baris dipasang pada

sebuah *hammer bolt* yang diikat ujung-ujungnya dengan menggunakan *snap ring*. Sebuah *hammer bar* terpasang diantara *center disc* dan *end disc* pada sisi terluar tempat menginap *snap ring*. Keseluruan rangkaian dari bagian rotor dirakit menjadi satu pada sebuah *rotor shaft* yang dapat berputar karena dihubungkan dengan *drive* unit pada salah satu ujungnya.

b. *Hammer*

Berfungsi sebagai alat pemecah material dengan cara berputar dan memukul material. Terdapat beberapa buah *hammer* yang terpasang pada tiga buah pasak dan tersusun berderet pada *rotor* dan *hammer* yang terpasang pada tiga buah pasak dan *hammer* tersebut digerakkan oleh mesin.

c. *Breaker plate*

Merupakan lempengan baja yang berfungsi sebagai bidang tumpuan material. Arah geraknya berlawanan dengan *hammer crusher.*

d. *Cleaning bar*

Merupakan dinding pemisah yang berbentuk lempengan baja dan lebih tipis dari *breaker plate*. Bagian ini dapat digerakkan searah dengan perputaran *hammer crusher*, dipasang tegak di belakang *hammer* agar debu atau material tidak menempel pada dinding bagian belakang *hammer crusher*, disamping itu juga untuk mencegah agar pecahan material tidak terumpan jauh ke belakang.

Kapasitas nyata *hammer crusher* dihitung dari banyaknya material yang diumpankan ke dalam *feeder*. Perhitungan kapasitas nyata pada mulanya harus dicari data distribusi ukuran material umpan, kemudian dari data-data tersebut diperoleh prosentase material yang lolos dan material yang diumpankan ke *hammer crusher*.

Peralatan-peralatan pengolahan yang digunakan pada proses penghancuran adalah alat penerima umpan (*hopper*), alat pengumpan (*feeder*), dan alat pengangkut (*belt conveyor*).

1. Alat penerima umpan(*Hopper*)

Hopper merupakan salah satu alat bantu dari instalasi alat penghancur yang berfungsi sebagai tempat penampungan sementara dari material umpan, selanjutnya material tersebut diumpankan ke alat penghancur oleh alat pengumpan (*feeder*). *Hopper* ini

terbuat dari beton yang dilapisi oleh lembaran baja pada dinding-dindingnya dengan tujuan agar terhindar dari keausan akibat gesekan dan benturan dinding dengan material

2. Alat pengumpan (*feeder*)

Ada beberapa macam bentuk alat pengumpan (*feeder*) yang dipakai (Taggart, 1994) antara lain:

a. *Vibrating gryzly feeder*

Merupakan susunan batang-batang baja yang membentuk ukuran lubang bukaan tertentu. Alat ini dipasang miring terhadap bidang horisontal dan digetarkan dengan motor penggetar. Pemasangan pengumpan ini bertujuan uuntuk memisahkan material ukuran tertentu dan mengumpankan material kea lat penghancur.

b. *Resiprocating plate feeder*

Merupakan pengumpan yang terbuat dari lempengan baja. Cara kerjanya dengan bergerak maju dan mundur sehingga pada saat "*plate*" bergerak maju, material umpan akan terbawa masuk ke penghancur.

c. *Wobbler feeder*

Merupakan alat yang berfungsi sebagai pengumpan dan sekaligus sebagai alat pemisah umpan.

d. *Rotary feeder*

Merupakan jenis pengumpan yang letaknya miring dengan cara kerja berputar dimana material keluar meluncur dari *hopper*.

e. *Apron feeder*

Merupakan salah satu bentuk pengumpan yang terdiri dari kerangka penggerak dimana satu dengan lainnya disambungkan dengan pelat rantai, sambungan ini disangga atau ditahan oleh *roll* yang berputar di atas kerangka pengantar atau rol.

3. Sabuk berjalan (*Belt conveyor*)

Sistem sabuk berjalan digunakan sevara luas dalam bidang pelaksanaan konstruksi, dimana sistem ini memberikan cara paling memuaskan dan hemat dalam mengangkut

antara lain bahan tambang, dengan aliran material terangkut terus-menerus dalam kecepatan tinggi, maka *belt conveyor* mempunyai kapasitas tinggi.

Bagian-bagian utama *belt conveyor* meliputi sabuk (*belt*), roda-roda antara (*idlers*), alat penggerak, puli penggerak (*pulley*), alat pengencang, dan suatu konstruksi penyangga.

Sabuk dibuat dengan menyatukan beberapa lapis anyaman kapas, atau nilon, rayon, kabel baja, menjadi konstruksi tulangan yang memberikan kekuatan yang perlu untuk menahan tarikan dalam sabuk. Lapisan-lapisan itu ditutup dengan perekat terbuat dari karet yang kemudian menggabungkannya menjadi struktur yang menyatu.

Belt conveyor digerakkan oleh motor penggerak yang dipasang pada *head pulley*. Sabuk akan kembali ke tempat semula karena dibelokkan oleh *pulley* awal dan *pulley* akhir. Material yang didistribusikan melalui pengumpan akan dibawa oleh *belt conveyor* dan berakhir pada *head pulley*. Pada saat proses kerja diunit crusher dimulai *belt conveyor* harus bergerak terlebih dahulu sebelum alat penghancur bekerja. Hal ini bertujuan mencegah terjadinya kelebihan muatan pada *belt*.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

Pengerjaan laporan ini memerlukan proses penelitian yang terstruktur sehingga diperlukan langkah-langkah yang sistematik dalam pelaksanaannya, sehingga proses penelitian nanti dapat dipahami dan diikuti oleh pihak lain secara sistematik pula.

3.1. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode literatur. Penelitian ini juga menggunakan metode eksperimental yaitu dijalankan dengan pengamatan secara langsung untuk mengetahui kondisi sebenarnya mesin *crusher* Tuban III, meskipun metode ini tidak dominan dilakukan.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

1. Tempat Penelitian

   Penelitian dilakukan di Desa Merak Urak Kecamatan Merak - Tuban.
2. Waktu Penelitian

   September – Oktober 2011 dan April – Mei 2012.

3.3. Tahapan Penelitian

Agar penelitian ini dapat dipahami dan diikuti pihak lain dengan mudah, maka diperlukan langkah-langkah penulisan skripsi yang sistematis. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam proses penelitian ini adalah:

3.3.1 Tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah

Tahap ini bertujuan untuk memaparkan latar belakang masalah yang diangkat dalam penelitian, merumuskan masalah sebagai bahan penelitian, menetapkan tujuan yang hendak dicapai, dan menentukan asumsi dan batasan yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Identifikasi dan Perumusan Permasalahan

Pada langkah ini dilakukan peninjauan awal untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi, yakni kegagalan pada komponen yang mengganggu jalannya proses produksi perusahaan. Identifikasi kondisi awal terebut akan digunakan untuk merumuskan

permasalahan dengan jelas dan menetapkan tujuan penelitian, serta penentuan batasan-batasan penelitian dan asumsi yang digunakan.

2. Studi Pustaka

Studi kepustakaan akan digunakan untuk mendapatkan kajian secara teoritis, mengetahui metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini. Teori-teori yang digunakan meliputi teori tentang *Reliability Centered Maintenance* (RCM), teori keandalan (*Reliability*). Selain itu juga dilakukan studi terhadap penelitian-penelitian yang telah ada sebelumnya yang dapat dijadikan sebagai pertimbangan dan acuan bagi penelitian yang dilakukan.

3. Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan dalam rangka untuk mengetahui kondisi sistem/obyek yang akan dijadikan bahan penelitian di perusahaan. Studi ini penting dilakukan agar peneliti dapat dengan jelas mengetahui gambaran proses kerja dari sistem yang diamati serta proses produksi secara keseluruhan, sehingga akan dapat memudahkan peneliti dalam penyusunan laporan.

4. Penentuan Komponen Kritis

Langkah selanjutnya setelah melakukan studi kepustakaan dan studi lapangan adalah menentukan peralatan yang akan dijadikan komponen kritis, sebagai acuan adalah:

a. Resiko yang ditimbulkan dapat mengakibatkan kerugian baik materi, maupun jiwa manusia, serta lingkungan.
b. Mesin memiliki pengaruh besar dalam proses produksi yang dijalankan. Proses produksi berjalan 24 jam penuh, jika terjadi kegagalan maka proses dapat berhenti.
c. Mesin memiliki data historis kerusakan komponen selama periode waktu tertentu.

3.3.2. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan kegiatan untuk memperoleh data yang nantinya akan diolah sebagai bahan evaluasi. Dalam proses pengumpulan data dan informasi ini memerlukan data primer dan sekunder meliputi:

1. Data detail komponen dari komponen kritis, meliputi fungsi, keterkaitan dengan komponen lain, kegagalan fungsi yang mungkin terjadi, bentuk kegagalan, efek yang ditimbulkan akibat kegagalan.
2. Data waktu kegagalan,data aktual proses operasional mesin.
3. Data perawatan mesin, data waktu antar perbaikan.
4. Data biaya perawatan, biaya tenaga kerja, biaya spare part, dll.

Data yang digunakan adalah desain P&ID sistem dan *record* dan *history* kegagalan dan perbaikan sistem mesin *Hammer crusher* antara tahun 2010-2011 dari seksi pemeliharaan Crusher. Dalam hal ini data dikatakan cukup apabila satu komponen minimal terdapat 3 kali waktu kegagalan.

3.3.3, Tahap Pengolahan Data

Data-data yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya, selanjutnya dilakukan pengolahan. Pengolahan data akan dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif.

1. Pengolahan data kualitatif:
   a) Data yang telah diperoleh dari perusahaan berupa data-data detail komponen dan sistem yang selanjutnya akan dilakukan pengolahan data dengan membuat *functional block diagram*
   b) Melakukan analisis kualitatif dengan metode FMEA, dimana dilakukan analisa terhadap semua kemungkinan *failure mode* yang terjadi.
   c) Membuat kebijakan perawatan yang sesuai dengan RCM *decision diagram*.
2. Pengolahan data kuantitatif

   Analisa kuantitatif dilakukan dengan cara:
   a) Melakukan analisis untuk mendapatkan probabilitas waktu kegagalan tiap komponen yang kritis dengan metode FTA.
   b) Melakukan analisis dan perhitungan nilai waktu antar kegagalan atau MTBF (*Mean Time Between Failure).*
   c) Melakukan analisis dan perhitungan Interval waktu perawatan.
   d) Melakukan analisis biaya perawatan dan perbaikan.

3.3.4. Tahap Analisa & Kesimpulan

Pada tahap ini akan dilakukan analisa dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan, baik melakukan analisa kualitatif maupun kuantitatif. Berdasarkan hasil analisa yang telah dibuat maka akan dapat diperoleh kesimpulan yang akan menjawab tujuan awal dari penelitian ini. Kesimpulan yang diberikan juga disertai dengan saran-saran baik untuk diberikan perusahaan maupun untuk pengembangan penelitian ini selanjutnya.

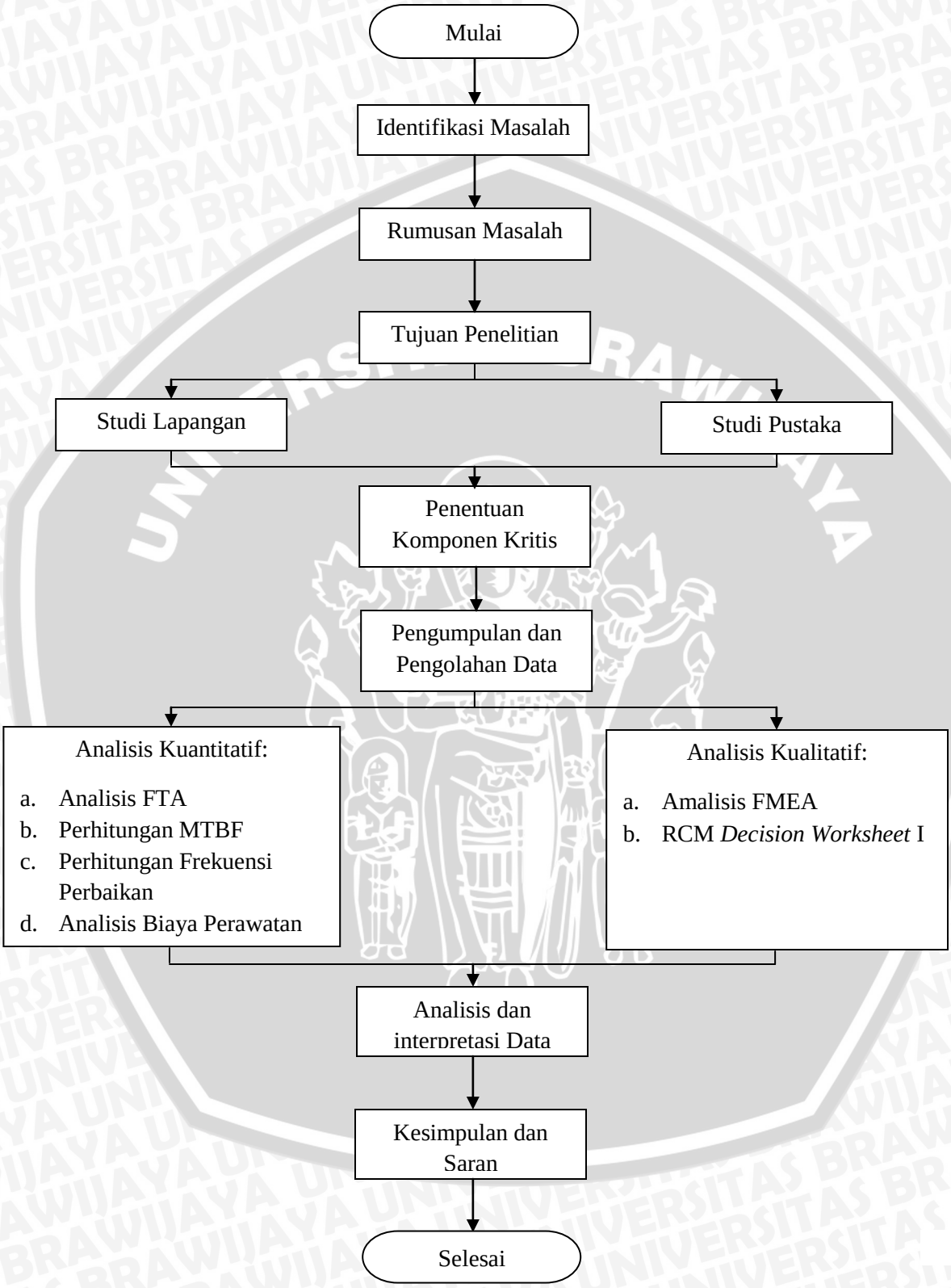
1. Analisa dan Intepretasi Data

Pada tahapan ini dilakukan analisa terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Analisa yang dilakukan dari hasil pengolahan data kualitatif dan kuantitatif.

2. Kesimpulan dan Saran

Tahapan akhir pada penelitian ini adalah menyimpulkan hasil penelitian yang berusaha menjawab tujuan dari penelitian yang dilakukan. Dan pemberian saran dilakukan sebagai sarana bagi pengembangan penelitian dengan menggunakan metode ini maupun bagi pihak perusahaan agar metode ini dapat berjalan efektif dan dapat diterapkan di perusahaan.

3.4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

BAB IV
PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengumpulan data-data maintenance berupa data primer dan sekunder. Data tersebut diperoleh dengan melakukan interview langsung kepada Seksi Operasi Crusher dan Pemeliharaan Crusher unit Tuban III. Data yang diperoleh akan diolah untuk merencanakan kegiatan perawatan yang sesuai untuk diberikan kepada masing-masing bentuk kegagalan beserta penentuan interval perawatan optimalnya.

4.1. Evaluasi Kualitatif Pada Unit Crusher Tuban III

Data komponen kritis yang diperoleh dari mesin crusher Tuban III merupakan komponen-komponen penting pada proses penghancuran material sendiri. Komponen-komponen tersebut ada pada sistem pengumpan (*Hopper*) dan penerima umpan (*Feeder*).

1. Analisis FMEA *(Failure Mode and Effect Analysis*

   A. *System Function and Function Failure*

Dalam proses pembuatan semen, proses penghancuran material merupakan proses yang sangat penting dan diperlukan untuk menjadikan bahan baku dapat diproses sesuai dengan ukuran yang telah ditetapakan. Tempat terjadinya proses penghancuran material tersebut adalah mesin *crusher*.

Pada mesin *crusher* Tuban III ada komponen-komponen yang sering mengalami kerusakan dan gangguan-gangguan lain yang menyebabkan proses penghancuran pada mesin *crusher* Tuban III mengalami kegagalan fungsi. Komponen-komponen tersebut adalah:

a) *Hopper* 243EN3

   Tempat awal masuknya material *limestone* dan Menyaring batu kapur sesuai dengan ukuran

b) *Wobbler* 243BC3

   Sebagai pengumpan material *limestone* dan pemisah proses umpan.

c) *Rotor* 243BC3

   Sebagai komponen penggerak utama *hammer mill.*

d) *Appron* 243BC3

ebagai pengumpan material *clay* dan menyaringya sesuai ukuran.

e) *Rotary* 243BC3

Sebagai pengumpan material yang letaknya miring.

f) *Oil Plate* 243BC3

Sebagai tempat pelumas motor.

Dari komponen-komponen yang sering mengalami kegagalan di atas, maka selanjutnya menentukan nilai RPN *(Risk Priority Number)*. Berikut ini tabel nilai RPN komponen-komponen yang sering mengalami kerusakan pada mesin *crusher* Tuban III:

Tabel 4.1. *Risk Priority Number* (RPN) komponen mesin *crusher* Tuban III

No	Komponen	Frekuensi	Total Downtime	Severity	Occurance	Detection	RPN
1	Hopper 243EN3	8	76 jam 43 menit	8	9	7	504
2	Wobbler 243BC3	6	66 jam 37 menit	8	8	8	512
3	Rotor 243BC3	6	33 jam 25 menit	8	8	6	384
4	Appron 243BC3	7	60 jam 38 menit	7	7	6	294
5	Rotary 243BC3	5	64 jam 07 menit	6	6	7	252
6	Oil Plate 243BC3	10	28 jam 44 menit	5	10	4	200

Untuk nilai *occurance* ditentukan berdasarkan nilai frekuensi gagal komponen yang sudah ada, misalkan untuk *Hopper* 243EN3 yang mempunyai nilai frekuensi 8 dibagi total frekuensi kerusakan seluruh komponen yaitu 42 sehingga mendapatkan nilai probabilitas kegagalan *Hopper* 243EN3. Setelah itu baru menentukan nilai *occurance* dengan melihat ranking seperti pada tabel 2.2.

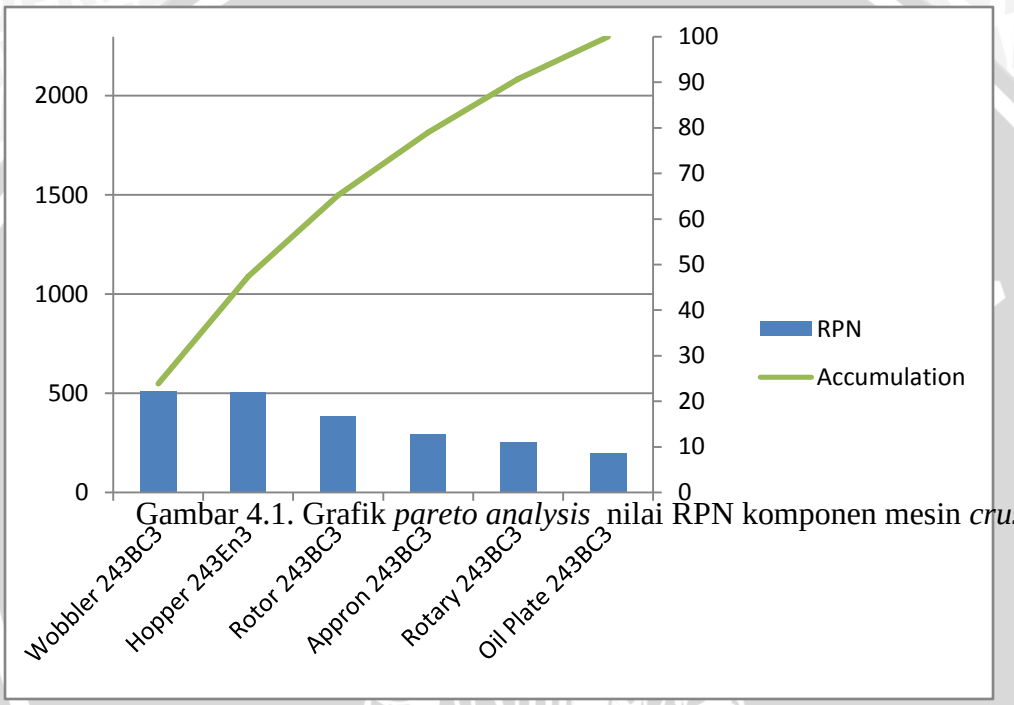
Sedangkan nilai *severity* dan nilai *detection* ditentukan berdasarkan data historis, pengamatan lapangan, dan wawancara langsung dengan seksi pemeliharaan mesin *crusher*. Kemudian menentukan nilai *severity* dan nilai *detection* berdasarkan tabel 2.3 dan 2.4.

B. *Pareto Analysis*

Dari nilai RPN di atas, maka selanjutnya melakukan analisis *pareto*. Berikut ini adaalah hasil analisis *pareto* dari nilai RPN komponen-komponen yang sering mengalami kerusakan pada mesin *crusher* Tuban III.

Tabel 4.2. Analisis *pareto* nilai RPN komponen mesin *crusher* Tuban III

No	Komponen	Severity	Occurance	Detection	RPN
1	Wobbler 243BC3	8	8	8	512
2	Hopper 243EN3	8	9	7	504
3	Rotor 243BC3	8	8	6	384
4	Appron 243BC3	7	7	6	294
5	Rotary 243BC3	6	6	7	252
6	Oil Plate 243BC3	5	10	4	200



Gambar 4.1. Grafik *pareto analysis* nilai RPN komponen mesin *crushe*

Gambar 4.1 Grafik *Pareto Analysis* Nilai RPN Komponen Mesin *Crusher* Tuban III

C. Failure Mode and Failure Effect

Dalam FMEA akan dicantumkan penilaian prioritas resiko kegagalan fungsi komponen mesin kritis pada mesin *crusher* Tuban III dengan didasarkan pada 3 kategori penilaian yakni nilai *severity* (seberapa parah kerusakannya), nilai *occurance* (berapa sering terjadinya kerusakan/kegagalan), *detection* (bagaimana kemungkinan pendeteksian kegagalannya). Skala/kriteria penilaian RPN dibuat dengan penyesuaian serta persetujuan dengan Seksi Pemeliharaan Mesin *Crusher* Unit Tuban III PT. Semen Gresik Tbk. Berikut merupakan contoh hasil dari analisis FMEA dari salah satu komponen kritis mesin *crusher* Tuban III, sedangkan untuk komponen yang lain dapat dilihat di halaman Lampiran 1.

Tabel 4.3. Analisis FMEA Komponen Mesin *Crusher* Tuban III

FMEA WORKSHEET			SISTEM : SISTEM OPERASI CRUSHER SUBSISTEM : CRUSHER TUBAN III								
No	**Komponen**	**Function**	**Functional Failure**	**Failure Mode**	**Failure Effect**			**S**	**O**	**D**	**RPN**
					Local	***System***	***Plant***				
1.	Wobbler 243BC3	Sebagai pengumpan dan pemisah umpan	Tidak dapat melanjutkan material *Limestone* ke *drum bucket*.	➢ Penggerak macet ➢ *Belt* rusak ➢ Usia komponen ➢ *Unusual* material	➢ Material menumpuk di *hopper* ➢ Material *limestone* tidak dapat berlanjut ke proses selanjutnya	➢ Akan mempengaruhi proses selanjutnya yaitu pada proses *hammer mill*.	➢ Target produksi *pile* yang diharapkan tidak dapat terpenuhi ➢ Biaya pemeliharaan meningkat ➢ Efesiensi Peralatan menurun ➢ Shutdown	8	8	8	512

3. RCM *Decision Worksheet* I

a. Failure Consequense

Kegagalan pada unit crusher merupakan jenis kegagalan *operasional* karena sistem ini bekerja secara serial. Bila sistem gagal maka produksi *pile* akan terhenti atau kualitas *pile* yang dihasilkan akan tidak sesuai dengan yang diharapkan sehingga mengakibatkan kerugian terhadap perusahaan.

b. Proactive Task

Pada tahapan ini akan ditentukan tindakan apa yang akan diberikan terhadap komponen-komponen yang kritis tersebut. Pada komponen-komponen kritis di mesin *crusher* seluruhnya akan diberikan tindakan *Scheduled On-Condition Task* (SOCT) karena dengan tindakan ini berarti komponen tersebut akan dilakukan pemeriksaan dan pengecekan awal sehingga dapat ditentukan tindakan untuk mencegah *functional failure* atau menghindarinya.

c. Proposed Task

Setelah melakukan pengecekan awal, maka tindakan selanjutnya adalah menentukan tindakan perawatan yang akan diberikan agar *functional failure* tidak dapat terjadi lagi atau meminimalisisasi terjadinya hal tersebut. Setelah melakukan analisis dan pengamatan dengan pihak Seksi pemeliharaan Mesin Crusher, maka dapat ditentukan tindakan-tindakan yang akan diberikan pada komponen-komponen mesin *crusher* yang kritis ini. Adapun perlakuan-perlakuan yang akan diberikan yaitu *Scheduled Restoration Task* (pemulihan kondisi komponen), *Scheduled Discard Task* (penggantian item/komponen yang gagal), dan *Default Action* dengan kategori *Failure finding* (pengecekan komponen secara periodik). Untuk lebih jelasnya disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.4. RCM *Decision Worksheet* I komponen mesin kritis pada mesin *crusher* Tuban III

No	RCM Decision Worksheet I		Sistem : SISTEM OPERASI CRUSHER				Facilitator: PMC		Date: March 22
			Subsistem : CRUSHER TUBAN III				Auditor: PMC		Year: 2012
	Komponen	Function	Failure Mode	Failure Effect			Failure Consequences	Proactive Task	Proposed Task
				Local	System	Plant			
1.	Wobbler 243BC3	Sebagai pengumpan dan pemisah umpan	➢ .Penggerak macet ➢ *Belt* rusak ➢ Usia komponen ➢ *Unusual* material	➢ Material menumpuk di *hopper* ➢ Material *limestone* tidak dapat berlanjut ke proses selanjutnya	➢ Akan mempengaruhi proses selanjutnya yaitu pada proses *hammer mill*.	➢ Target produksi *pile* yang diharapkan tidak dapat terpenuhi ➢ Biaya pemeliharaan meningkat ➢ Efesiensi Peralatan menurun ➢ Shutdown	➢ Hidden Failure Consequense ➢ Operational Consequense	Scheduled On Conditioning Task (SOCT)	➢ Failure Finding ➢ On Conditioning ➢ Scheduled Restoration Task ➢ Scheduled discard Task

Untuk hasil analisis RCM secara keseluruhan pada komponen kritis di mesin *crusher* Tuban III yang lain, dapat dilihat pada lampiran 2.

4.2. Evaluasi Kuantitatif Pada Unit Crusher Tuban III

Analisa kuantitatif pada komponen kritis mesin *crusher* Tuban III dilakukan dengan mencari nilai probabilitas nilai waktu kegagalan masing-masing komponen yang nantinya dari nilai tersebut dapat ditentukan interval waktu perawatan tiap komponen krtis.

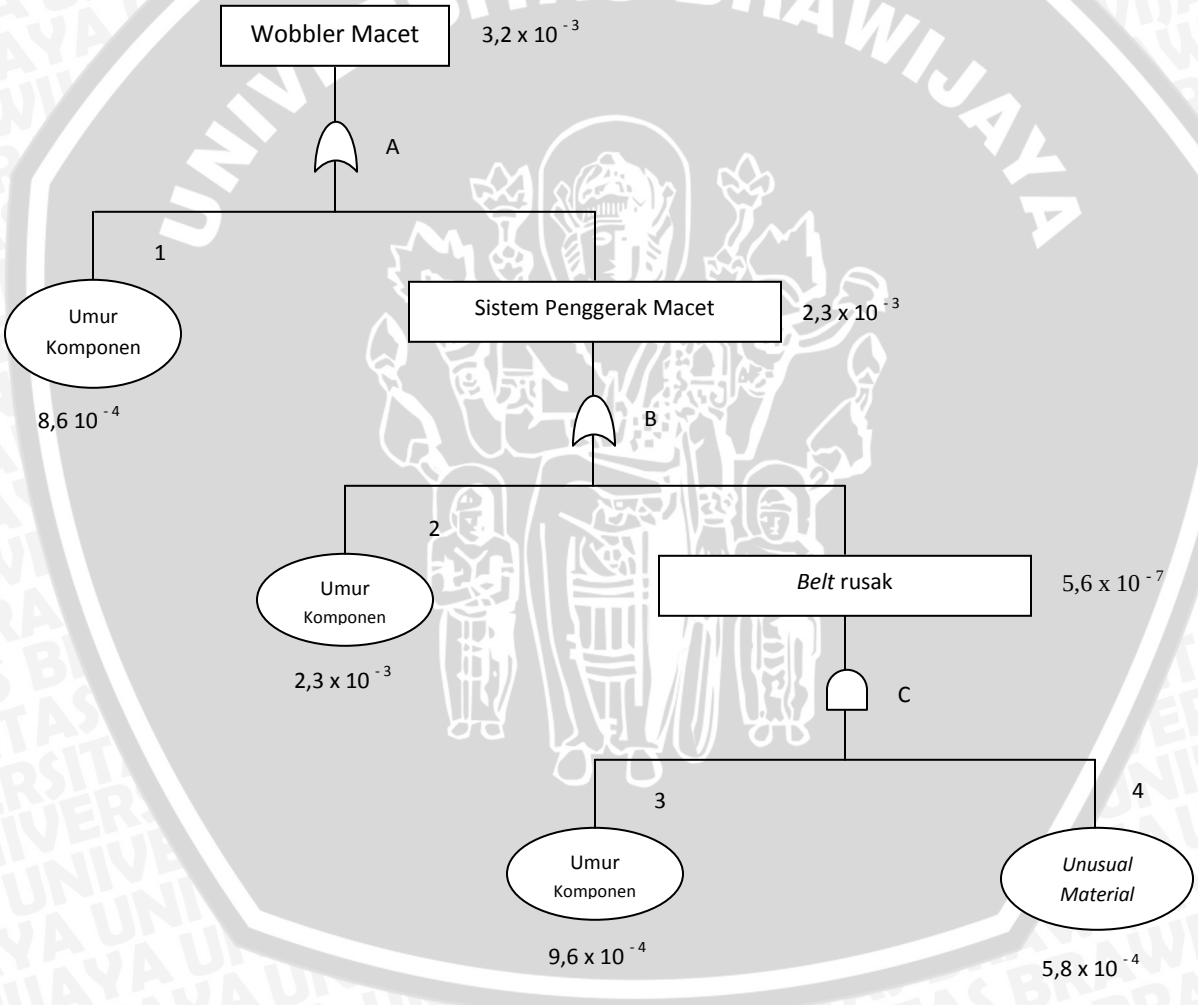
1. Evaluasi Probabilitas Kegagalan dengan Analisis FTA *(Fault Tree Analysis)*

Berdasarkan hasil wawancara dan pengamatan di Unit Crusher Pabrik Tuban III didapat beberapa resiko yang relevan sehingga dapat diidentifikasikan sumber penyebabnya. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

a. Mengidentifikasi *Top Event* yang diinginkan
   Risiko/*failure* yang telah didapatkan berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara pendahuluan merupakan *Top Event*.
b. Mengidentifikasi kontributor tingkat pertama
   Mengidentifikasi sumber penyebab yang dapat langsung menyebabkan terjadinya *failure*/*top event*.
c. *Link* kontributor untuk *gate* logika *Top Event*
   Link pada metode FTA ini ada dua, yaitu:
   a) OR Gate, adalah jika salah satu kejadian (kejadian A atau B) terjadi, maka dapat menyebabkan terjadi *top event*.
   b) AND Gate, adalah jika semua kejadian (kejadian A dan B) terjadi, maka dapat menyebabkan terjadi *top event*.
d. Mengidentifikasi kontributor tingkat kedua
   Mengidentifikasi sumber penyebab yang dapat menyebabkan terjadinya kontributor tingkat pertama.
e. *Link* kontributor tingkat kedua untuk *gate* logika *Top Event OR Gate* dan *AND Gate.*
f. Ulangi/lanjutkan.

Pada saat dilakukan pengamatan dan wawancara pada para operator petugas pemeliharaan Unit crusher, peneliti kemudian menggunakan nilai prosentase untuk mengukur tingkat *probability* pada *basic event* tiap kejadian variabel risiko yang relevan pada penelitian ini. Selanjutnya dilakukan perhitungan *probability* untuk masing-masing *failure* di tiap komponen kritis. Berikut ini adalah perhitungan probabilitas kegagalan komponen *Wobbler* 243BC3 pada mesin *crusher* Tuban III.

a) *Wobbler* 243BC3



Gambar 4.2. perhitungan *Probability* dengan FTA *Wobbler* 243BC3

Langkah-langkah perhitungan *probability Wobbler* 243BC3 adalah sebagai berikut:

a. Menentukan nilai *Basic Event*

Nilai *probability basic event* ini didapat dengan rumus $P_F = \frac{total\ waktu\ kerusakan}{total\ waktu\ aktual}$ dimana P_F adalah probabilitas kegagalan. Semua data pada perhitungan ini didapat berdasarkan pengamatan dan interview langsung dengan pihak Unit pemeliharaan mesin crusher Tuban III.

a. Umur komponen *(Gate C)* $= 0{,}00096 = 9{,}6 \times 10^{-4}$
b. *Unusual* material *(Gate C)* $= 0{,}00058 = 5{,}8 \times 10^{-4}$
c. Umur komponen *(Gate B)* $= 0{,}0023 = 2{,}3 \times 10^{-3}$
d. Umur kompopnen *(Gate A)* $= 0{,}00086 = 8{,}6 \times 10^{-4}$

b. Mencari nilai *probability* pada Gate C *(AND Gate)* sebagai berikut.

$P_C = P_4 \times P_3$

$= 5{,}8 \times 10^{-4} \times 9{,}6 \times 10^{-4} = 5{,}6 \times 10^{-7}$

c. Mencari nilai *probability* pada Gate B *(OR Gate)* sebagai berikut.

$P_B = P_2 + P_C - P_2P_C$

$= 2{,}3 \times 10^{-3} + 5{,}6 \times 10^{-7} - (2{,}3 \times 10^{-3} \times 5{,}6 \times 10^{-7}) = 2{,}3 \times 10^{-3}$

d. Mencari nilai *probability* pada Gate A *(OR Gate)* sebagai berikut.

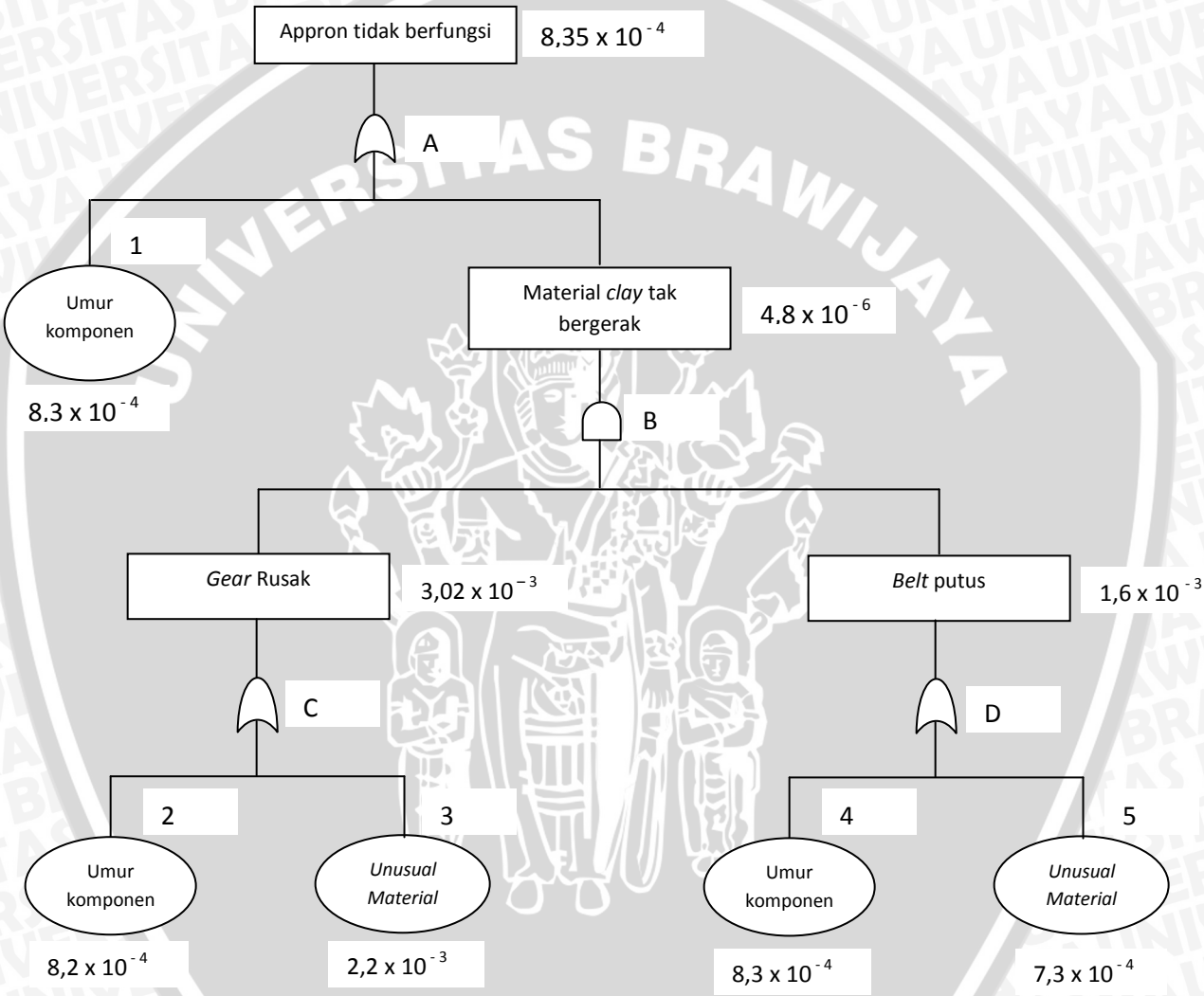
$P_A = P_1 + P_B$

$= 8{,}6 \times 10^{-4} + 2{,}3 \times 10^{-3} = 3{,}2 \times 10^{-3}$

e. P_A merupakan *Top Event*, maka nilai *failure* dari komponen *Wobbler* 243BC3 adalah $3{,}2 \times 10^{-3} \times 100\% = 0{,}32\ \%$.

b) *Appron* 243BC3

Untuk mengetahui perhitungan *Probabilitas* komponen *Appron* 243BC3 maka dilakukan analisa dengan FTA. Berikut ini adalah perhitungan probabilitas kegagalan komponen *Appron* 243BC3 pada mesin *crusher* Tuban III.



Gambar 4.3. perhitungan *Probability* dengan FTA *Appron* 243BC3

Langkah-langkah perhitungan *probability Appron* 243BC3 adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai *Basic Event*

   Nilai *probability basic event* ini didapat dengan rumus $P_F = \frac{total\ waktu\ kerusakan}{total\ waktu\ aktual}$ dimana P_F adalah probabilitas kegagalan. Semua data pada perhitungan ini didapat berdasarkan pengamatan dan interview langsung dengan pihak Unit pemeliharaan mesin crusher Tuban III.

   a. Umur komponen *(Gate D)* = 0,00083 = $8,3 \times 10^{-4}$
   b. *Unusual* material *(Gate D)* = 0,00073 = $7,3 \times 10^{-4}$
   c. Umur komponen *(Gate C)* = 0,00082 = $8,2 \times 10^{-4}$
   d. *Unusual* material *(Gate C)* = 0,0022 = $2,2 \times 10^{-3}$
   e. Umur komponen *(Gate A)* = 0,00083 = $8,3 \times 10^{-4}$

2. Mencari nilai *probability* pada Gate D *(OR Gate)* sebagai berikut.

   $P_D = P_4 + P_5$

   $= 8,3 \times 10^{-4} + 7,3 \times 10^{-4} = 0,0016 = 1,6 \times 10^{-3}$

3. Mencari nilai *probability* pada Gate C *(OR Gate)* sebagai berikut.

   $P_C = P_2 + P_3$

   $= 8,2 \times 10^{-4} + 2,2 \times 10^{-3} = 3,02 \times 10^{-3}$

4. Mencari nilai *probability* pada Gate B *(AND Gate)* sebagai berikut.

   $P_B = P_C \times P_D$

   $= 1,6 \times 10^{-3} \times 3,02 \times 10^{-3} = 4,8 \times 10^{-6}$

5. Mencari nilai *probability* pada Gate A *(OR Gate)* sebagai berikut.

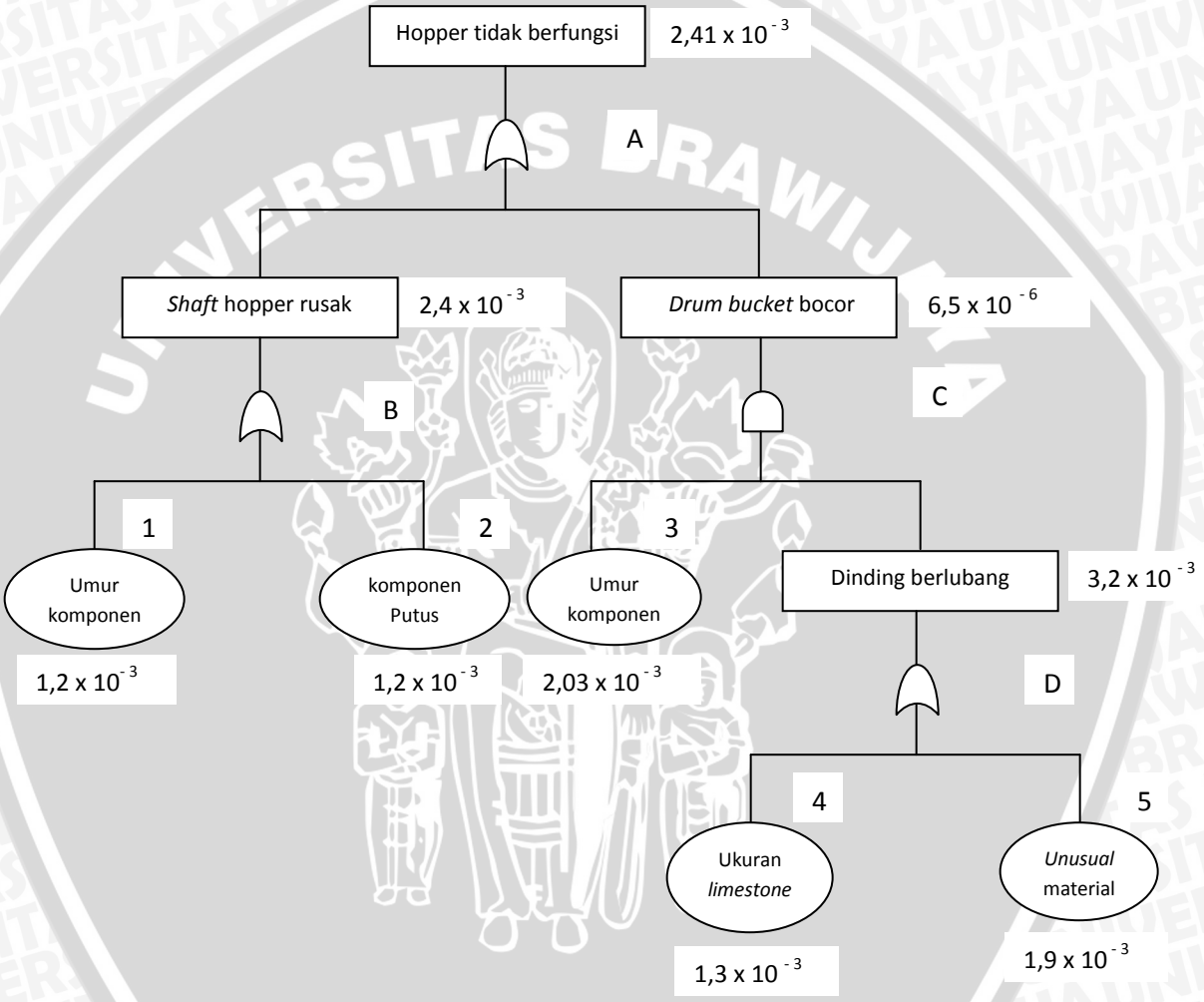
   $P_A = P_1 + P_B$

   $= 8,3 \times 10^{-4} + 4,8 \times 10^{-6} = 8,35 \times 10^{-4}$

P_A merupakan *Top Event*, maka nilai *failure* dari komponen *Appron* 243BC3 adalah $8,35 \times 10^{-4} \times 100\% = 0,0835\ \%$.

c) *Hopper* 243EN3

Untuk mengetahui perhitungan *Probabilitas* komponen *Hopper* 243EN3 maka dilakukan analisa dengan FTA. Berikut ini adalah perhitungan probabilitas kegagalan komponen *Hopper* 243EN3 pada mesin *crusher* Tuban III.



Gambar 4.4. perhitungan *Probability* dengan FTA *Hopper* 243EN3

Langkah-langkah perhitungan *probability Hopper* 243EN3 adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai *Basic Event*

   Nilai *probability basic event* ini didapat dengan rumus $P_F = \frac{total\ waktu\ kerusakan}{total\ waktu\ aktual}$ dimana P_F adalah probabilitas kegagalan. Semua data pada perhitungan ini didapat berdasarkan pengamatan dan interview langsung dengan pihak Unit pemeliharaan mesin crusher Tuban III.

   a. Ukuran *Limestone (Gate D)* $= 0{,}0013 = 1{,}3 \times 10^{-3}$
   b. *Unusual* material *(Gate D)* $= 0{,}0019 = 1{,}9 \times 10^{-3}$
   c. Umur komponen *(Gate C)* $= 0{,}00203 = 2{,}03 \times 10^{-3}$
   d. Umur komponen *(Gate B)* $= 0{,}0012 = 1{,}2 \times 10^{-3}$
   e. Komponen putus *(Gate B)* $= 0{,}0012 = 1{,}2 \times 10^{-3}$

2. Mencari nilai *probability* pada Gate D *(OR Gate)* sebagai berikut.

   $P_D = P_4 + P_5$

   $= 1{,}3 \times 10^{-3} + 1{,}9 \times 10^{-3} = 3{,}2 \times 10^{-3}$

3. Mencari nilai *probability* pada Gate C *(AND Gate)* sebagai berikut.

   $P_C = P_3 \times P_D$

   $= 2{,}03 \times 10^{-3} \times 3{,}2 \times 10^{-3} = 6{,}5 \times 10^{-6}$

4. Mencari nilai *probability* pada Gate B *(OR Gate)* sebagai berikut.

   $P_B = P_1 + P_2$

   $= 1{,}2 \times 10^{-3} + 1{,}2 \times 10^{-3} = 2{,}4 \times 10^{-3}$

5. Mencari nilai *probability* pada Gate A *(AND Gate)* sebagai berikut.

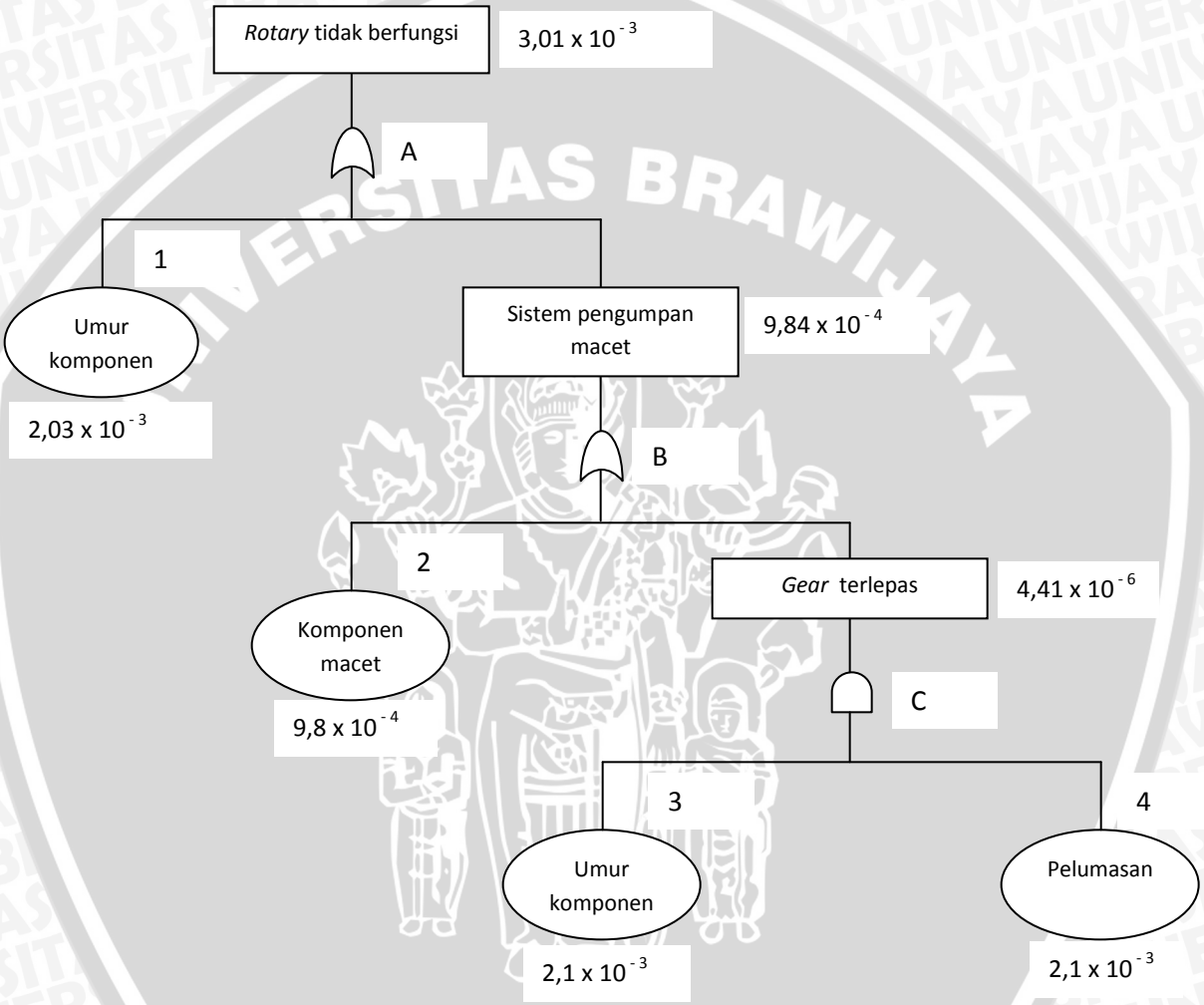
   $P_A = P_B \times P_C$

   $= 2{,}4 \times 10^{-3} \times 6{,}5 \times 10^{-6} = 2{,}41 \times 10^{-3}$

P_A merupakan *Top Event*, maka nilai *failure* dari komponen *Hopper* 24ENC3 adalah $2{,}41 \times 10^{-3} \times 100\% = 0{,}241\ \%$.

d) *Rotary* 243BC3

Untuk mengetahui perhitungan *Probabilitas* komponen *Rotary* 243BC3 maka dilakukan analisa dengan FTA. Berikut ini adalah perhitungan probabilitas kegagalan komponen *Rotary* 243BC3 pada mesin *crusher* Tuban III.



Gambar 4.5. perhitungan *Probability* dengan FTA *Rotary* 243BC3

Langkah-langkah perhitungan *probability Rotary* 243BC3 adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai *Basic Event*

   Nilai *probability basic event* ini didapat dengan rumus $P_F = \frac{total\ waktu\ kerusakan}{total\ waktu\ aktual}$ dimana P_F adalah probabilitas kegagalan. Semua data pada perhitungan ini didapat berdasarkan pengamatan dan interview langsung dengan pihak Unit pemeliharaan mesin crusher Tuban III.

   a. Umur komponen *(Gate C)* = 0,0021 = 2,1 x 10^{-3}
   b. Pelumasan *(Gate C)* = 0,0021 = 2,1 x 10^{-3}
   c. Komponen macet *(Gate B)* = 0,00098 = 9,8 x 10^{-4}
   d. Umur kompopnen *(Gate A)* = 0,00203 = 2,03 x 10^{-3}

2. Mencari nilai *probability* pada Gate C *(AND Gate)* sebagai berikut.

   $P_C = P_4 \times P_3$

   $= 2{,}1 \times 10^{-3} \times 2{,}1 \times 10^{-3} = 4{,}41 \times 10^{-6}$

3. Mencari nilai *probability* pada Gate B *(OR Gate)* sebagai berikut.

   $P_B = P_2 + P_C$

   $= 9{,}8 \times 10^{-4} + 4{,}41 \times 10^{-6} = 9{,}84 \times 10^{-4}$

4. Mencari nilai *probability* pada Gate A *(OR Gate)* sebagai berikut.

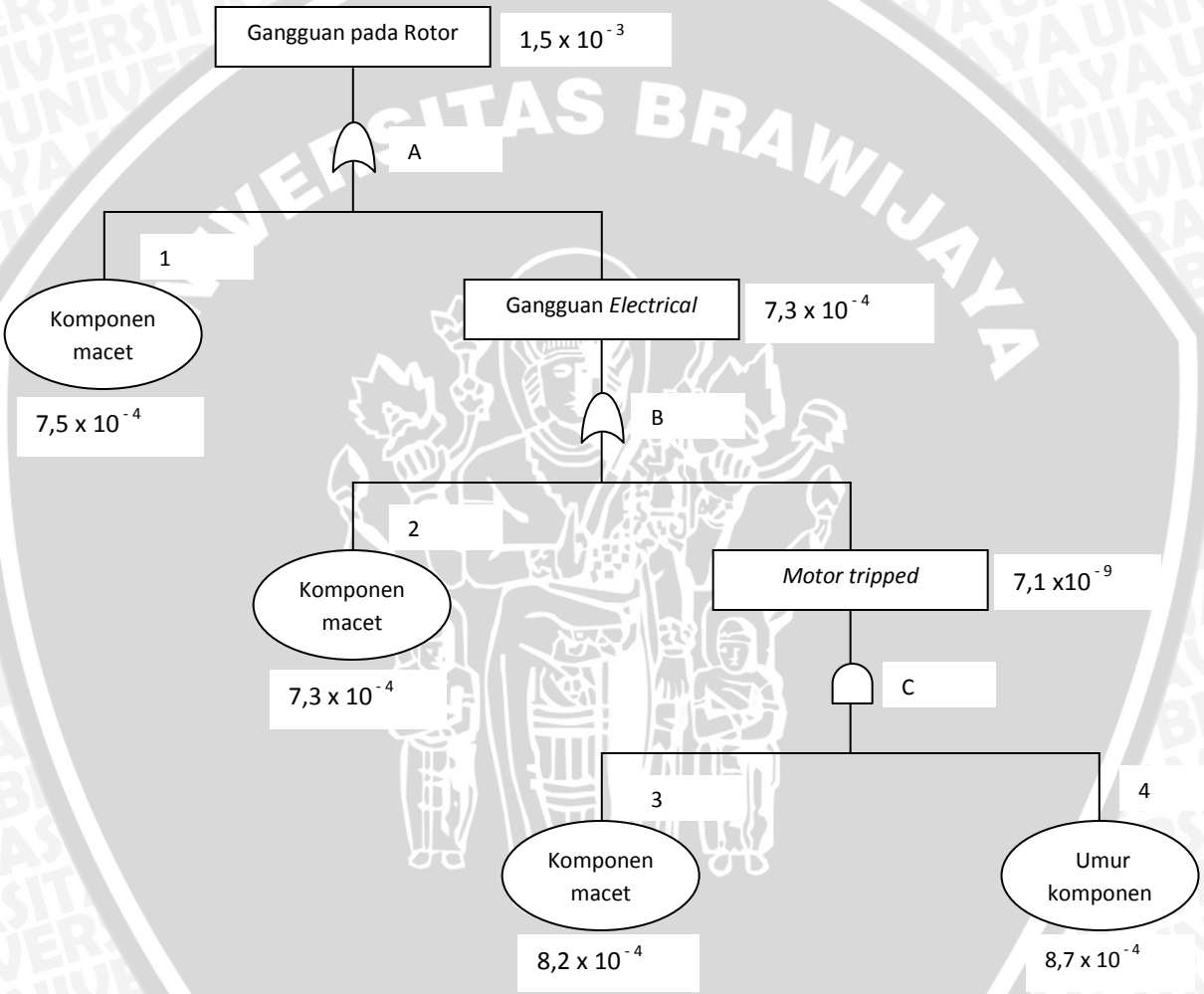
   $P_A = P_1 + P_B$

   $= 2{,}03 \times 10^{-3} + 9{,}84 \times 10^{-4} = 3{,}01 \times 10^{-3}$

P_A merupakan *Top Event*, maka nilai *failure* dari komponen *Rotary* 243BC3 adalah 3,01 x 10^{-3} x 100% = 0,301 %.

e) *Rotor* 243BC3

Untuk mengetahui perhitungan *Probabilitas* komponen *Rotor* 243BC3 maka dilakukan analisa dengan FTA. Berikut ini adalah perhitungan probabilitas kegagalan komponen *Rotor* 243BC3 pada mesin *crusher* Tuban III.



Gambar 4.6. perhitungan *Probability* dengan FTA *Rotor* 243BC3

Langkah-langkah perhitungan *probability Rotor* 243BC3 adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai *Basic Event*

   Nilai *probability basic event* ini didapat dengan rumus $P_F = \frac{total\ waktu\ kerusakan}{total\ waktu\ aktual}$ dimana P_F adalah probabilitas kegagalan. Semua data pada perhitungan ini didapat berdasarkan pengamatan dan interview langsung dengan pihak Unit pemeliharaan mesin crusher Tuban III.

   a. Umur komponen *(Gate C)* = 0,00087 = $8,7 \times 10^{-4}$
   b. Komponen macet *(Gate C)* = 0,00082 = $8,2 \times 10^{-4}$
   c. Komponen macet *(Gate B)* = 0,00073 = $7,3 \times 10^{-4}$
   d. Komponen macet *(Gate A)* = 0,00075 = $7,5 \times 10^{-4}$

2. Mencari nilai *probability* pada Gate C *(AND Gate)* sebagai berikut.

   $P_C = P_4 \times P_3$

   $= 8,7 \times 10^{-4} \times 8,2 \times 10^{-4} = 7,1 \times 10^{-9}$

3. Mencari nilai *probability* pada Gate B *(OR Gate)* sebagai berikut.

   $P_B = P_2 + P_C$

   $= 7,3 \times 10^{-4} + 7,1 \times 10^{-9} = 7,3 \times 10^{-4}$

4. Mencari nilai *probability* pada Gate A *(OR Gate)* sebagai berikut.

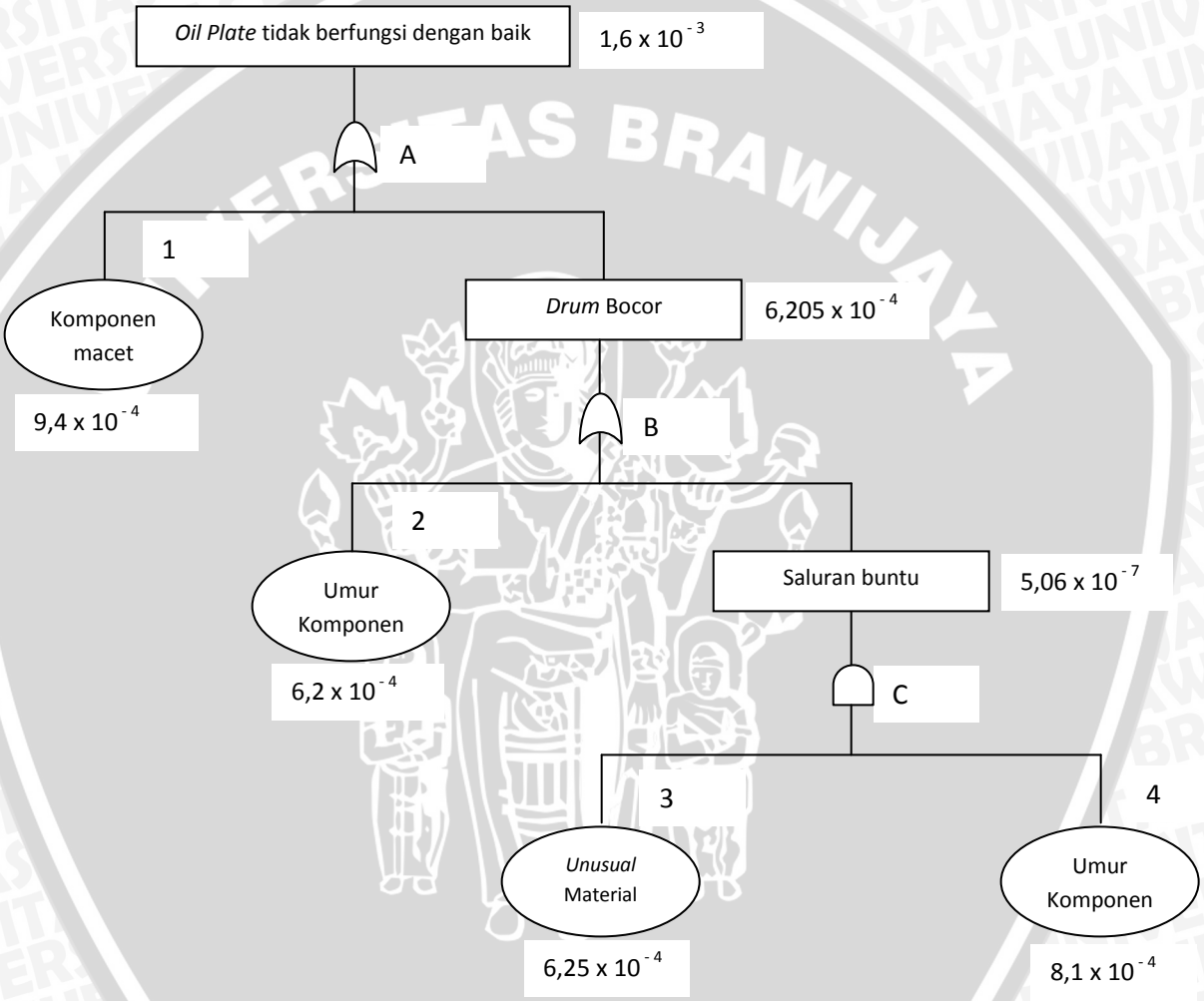
   $P_A = P_1 + P_B - P_1P_B$

   $= 7,5 \times 10^{-4} + 7,3 \times 10^{-4} - (7,5 \times 10^{-4} \times 7,3 \times 10^{-4}) = 1,5 \times 10^{-3}$

P_A merupakan *Top Event*, maka nilai *failure* dari komponen *Rotor* 243BC3 adalah $1,5 \times 10^{-3} \times 100\% = 0,15\ \%$.

f) *Oil Plate* 243BC3

Untuk mengetahui perhitungan *Probabilitas* komponen *Oil Plate* 243BC3 maka dilakukan analisa dengan FTA. Berikut ini adalah perhitungan probabilitas kegagalan komponen *Oil Plate* 243BC3 pada mesin *crusher* Tuban III.



Gambar 4.7. perhitungan *Probability* dengan FTA *Oil Plate* 243BC3

Langkah-langkah perhitungan *probability Oil Plate* 243BC3 adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai *Basic Event*

   Nilai *probability basic event* ini didapat dengan rumus $P_F = \frac{total\ waktu\ kerusakan}{total\ waktu\ aktual}$ dimana P_F adalah probabilitas kegagalan. Semua data pada perhitungan ini didapat berdasarkan pengamatan dan interview langsung dengan pihak Unit pemeliharaan mesin crusher Tuban III.

   a. Umur komponen *(Gate C)* = 0,00081 = 8,1 x 10^{-4}
   b. *Unusual* material *(Gate C)* = 0,000625 = 6,25 x 10^{-4}
   c. Umur komponen *(Gate B)* = 0,00062 = 6,2 x 10^{-4}
   d. Komponen macet *(Gate A)* = 0,00094 = 9,4 x 10^{-4}

2. Mencari nilai *probability* pada Gate C *(AND Gate)* sebagai berikut.

   $P_C = P_4 \times P_3$

   $= 8{,}1 \times 10^{-4} \times 6{,}25 \times 10^{-4} = 5{,}06 \times 10^{-7}$

3. Mencari nilai *probability* pada Gate B *(OR Gate)* sebagai berikut.

   $P_B = P_2 + P_C$

   $= 6{,}2 \times 10^{-4} + 5{,}06 \times 10^{-7} = 6{,}205 \times 10^{-4}$

4. Mencari nilai *probability* pada Gate A *(OR Gate)* sebagai berikut.

   $P_A = P_1 + P_B$

   $= 9{,}4 \times 10^{-4} + 6{,}205 \times 10^{-4} = 1{,}6 \times 10^{-3}$

P_A merupakan *Top Event*, maka nilai *failure* dari komponen *Oil Plate* 243BC3 adalah 1,6 x 10^{-3} x 100% = 0,16 %.

2. Analisis dan Perhitungan Frekuensi Perbaikan

Pada analisis untuk menentukan besarnya interval waktu perawatan ini, terlebih dahulu akan dilakukan prhitungan MTBF (*Mean Time Between Failure*). Untuk lebih jelasnya berikut contoh salah satu analisis untuk menentukan nilai Interval waktu perawatan pada komponen Wobbler 243BC3. Untuk komponen kritis yang lain dapat dilihat pada halaman Lampiran 3.

1) *Wobbler* 243BC3

Dari hasil analisis FTA didapat 4 *basic event* yang mempengaruhi nilai kegagalan komponen yaitu Umur komponen (1), Umur Komponen (2), Umur Komponen (3), dan *Unusual* Material (4). Dan dari hasil pengamatan di lapangan dan wawancara dengan seksi pemeliharaan mesin *crusher* maka didapatkan data MTTR (*Mean Time To Repair*) sebagai berikut:

Tabel. 4.5. Nilai MTTR *Wobbler* 243BC

No	Basic Event	MTTR (hari)
1.	*Gear* (1)	0,174
2.	*Gear* (2)	0,367
3.	Vibrameter (3)	0,277
4.	*Belt* (4)	0,169
Total		**0,987**

a) Analisis MTBF

$$\text{MTBF} = \frac{MTTR}{Probabilitas \;\; Kegagalan}$$

- *Gear* (1) = 0,174 / 0,000864 = 201,388 hari
- *Gear* (2) = 0,367 / 0,0023 = 159,565 hari
- Vibrameter (3) = 0,277 / 0,00096 = 288,541 hari
- *Belt* (4) = 0,169 / 0,00058 = 291,370 hari

b) Analisis Frekuensi Perbaikan

Tabel. 4.6. Penentuan Frekuensi Perbaikan *Wobbler* 243BC3

No	Basic Event	Hari										
		0-30	30-90	90-120	120-150	150-180	180-210	210-240	240-270	270-300	300-330	330-360
1	*Gear* (1)											
2	*Gear* (2)											
3	Vibrameter (3)											
4	*Belt* (4)											

Dari hasil tabel di atas didapatkan frekuensi waktu perbaikan sebesar **4 kali** sebagai berikut:

- Hari ke 150 – 180 => *Gear* (2)
- Hari ke 180 – 210 => *Gear* (1)
- Hari ke 270 – 300 => Vibrameter (3) dan *Belt* (4)
- Hari ke 300 – 330 => *Gear* (2)

Berikut ini merupakan Tabel nilai Frekuensi Perbaikan komponen kritis pada mesin mesin *crusher* Tuban III.

Tabel 4.7. Nilai Frekuensi Perbaikan Komponen Kritis pada Mesin *Crusher* Tuban III.

N0	Komponen	Frekuensi Perawatan
1	Wobbler 243BC3	4 kali per tahun
2	Appron 243BC3	3 kali per tahun
3	Hopper 243EN3	4 kali per tahun
4	Rotary 243BC3	4 kali per tahun
5	Rotor 243BC3	2 kali per tahun
6	Oil Plate 243BC3	2 kali per tahun

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa total frekuensi pertbaikan seluruh komponen kritis sebanyak 19 kali. Untuk mengetahui lebih jelas tentang waktu frekuensi perbaikan dari tiap-tiap komponen kritis pada mesin *crusher* Tuban III dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.8. Waktu Frekuensi Perbaikan Seluruh Komponen Kritis pada Mesin *Crusher* Tuban III.

No	Komponen Kritis	Hari										
		0-30	30-90	90-120	120-150	150-180	180-210	210-240	240-270	270-300	300-330	330-360
1	Wobbler 243BC3											
2	Hopper 243EN3											
3	Rotor 243BC3											
4	Appron 243BC3											
5	Rotary 243BC3											
6	Oil Plate 243BC3											

3. Analisis Biaya Perawatan Pada Unit Crusher Tuban III

a) Biaya *Maintenance* (CM)

Pada perhitungan biaya *maintenance* data-data yang dibutuhkan adalah biaya tenaga kerja yang melakukan tindakan *maintenance* serta biaya material yang digunakan untuk perawatan. Alokasi biaya untuk petugas perawatan / inspeksi rutin pada unit crusher Tuban III adalah:

Tabel 4.9. Biaya *Man Hour* untuk Perawatan Mesin *Crusher* Tuban III

Tenaga Kerja	**Gaji (Rp)**	**Jumlah Personal**	**Total Gaji (Rp)**	
			Perbulan	**Perjam**
Petugas Inspeksi	3.000.000	2	6.000.000	37.5000

Sumber: (Unit Pemeliharaan *Crusher* PT. Semen Gresik Pabrik Tuban)

Jumlah jam kerja perusahaan dalam 1 hari adalah 8 jam dimana 1 bulan terdapat 4 minggu dan setiap minggunya 5 hari kerja sehingga jumlah jam kerja selama 1 bulan adalah 160 jam. Kegiatan yang dilakukan dalam perawatan *preventive* ini meliputi penambahan oli, *re-greasing*, serta *checking* kondisi mesin berdasarkan *checklist* yang ada. Berikut merupakan daftar material yang digunakan dalam melakukan kegiatan perawatan:

Tabel 4.10. Biaya Material untuk Kegiatan Pemeliharaan Mesin *Crusher* Tuban III

No	**Item**	**Konsumsi per-bulan**	**Harga Per-unit (RP)**	**Waktu Perawatan Per-bulan (jam)**	**Biaya Bahan Per-jam (RP)**
1	Oli RORED SAE 90	30 liter	13.300	40	9.975
2	Grease ALVANIA No. 3	45 kg	40.000	16	112.500
3	Penetrating Oil DRATION	5 can	62.500	10	31.250
TOTAL					**153.725**

Sumber: (Unit Pemeliharaan *Crusher* PT. Semen Gresik Pabrik Tuban)

Sehingga dapat diketahui bahwa alokasi biaya untuk *maintenance* adalah seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 4.11. Alokasi Biaya Perawatan Mesin *Crusher* Tuban III

Komponen Biaya	Besarnya Biaya (RP/jam)
Biaya Pekerja	37.500
Biaya Material	153.725
Total	191.225

b) Biaya Perbaikan (CR)

Biaya perbaikan timbul akibat adanya komponen yang mengalami kerusakan dan membutuhkan *service* perbaikan/penggantian komponen. Biaya perbaikan (CR) terdiri dari biaya *man hours* (CW), Biaya pemulihan/penggantian komponen (CF), dan Biaya konsekuensi operasional akibat tidak beroperasinya mesin (CO).

a. Biaya *man hours*(CW)

Biaya *man hours* merupakan biaya pekerja yang melakukan tindakan *maintenance* selama terjadi kerusakan pada mesin crusher Tuban III. Tenaga kerja tersebut berjumlah 9 orang yang terdiri dari 1 orang senior engineer, 1 orang kepala regu, 3 orang tenaga operasional, dan 4 orang tenaga terdiri dari unit kerja yang menangani komponen yang mengalami kerusakan yaitu unit pemeliharaan mesin crusher dan pemeliharaan utilitas. Dimana jumlah jam kerja selama satu bulan adalah 160 jam. Perhitungan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.12. Alokasi Biaya *Man Hours* untuk Perbaikan Mesin *Crusher* Tuban III

Jabatan	Jumlah Orang	Gaji Perbulan (Rp)	Jumlah (Rp)
Senior Engineer	1	8.000.000	8.000.000
Kepala Regu	1	6.000.000	6.000.000
Tenaga Unit Pemeliharaan	4	4.000.000	16.000.000
Tenaga Operasi	3	4.000.000	12.000.000
Total			**42.000.000**

Sumber: (Unit Pemeliharaan *Crusher* PT. Semen Gresik Pabrik Tuban)

Jadi biaya total untuk tenaga kerja yang dikeluarkan perusahaan adalah sejumlah Rp. 262.500,00 per jam dengan asumsi bahwa seluruh tenaga kerja tersebut *available* untuk melakukan kegiatan perawatan/perbaikan.

b. Biaya Konsekuensi Operasional (CO)

Biaya konsekuensi operasional merupakan biaya yang timbul akibat terjadi *downtime*. Hal tersebut menyebabkan perusahaan mengalami kerugian (*loss production*) karena mesi tidak dapat berproduksi. Apabila diketahui harga *pile* yang diproduksi oleh unit crusher (tahun 2010) adalah Rp. 127.465 per ton. Kapasitas terpasang 7200 tpd (ton per *day*). Maka besarnya biaya konsekuensi operasional adalah:

CO = 7200 x Rp. 127.465 / 24 jam

= Rp. 38.239.500 per jam.

c. Biaya Pergantian komponen (CF)

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

Tabel 4.13. Harga Komponen untuk Perawatan Mesin *Crusher* Tuban III

Komponen	Cost (Rp)	Keterangan
Wobbler 234BC3	12.671.300	*Belt*, *gear*,dan vibrameter
Hopper 243EN3	2.404.300	*Shaft* dan *bearing*
Rotor 243BC3	64.790.994	*Motor*
Appron 243BC3	10.671.300	*Belt* dan *gear*
Rotary 243BC3	9.036.000	*Gear* dan *lube oil*
Oil Plate 243BC3	399.000	*Lube oil*

Sumber: (Unit Pemeliharaan *Crusher* PT. Semen Gresik Pabrik Tuban)

Perhitungan untuk mendapatkan biaya perbaikan (CR) akan menggunakan rumus sebagai berikut:

CR = CF + ((CW + CO) MTTR)

Berikut adalah contoh perhitungan untuk komponen *Wobbler* 243BC3 pada mesin *crusher* Tuban III yang mengalami kerusakan:

Diketahui:

CF = 12.671.300

CW = 262.500

CO = 38.239.500

MTTR = 0,987

Maka perhitungan CR adalah:

CR = 12.671.300 + ((262.500 + 38.239.500) 0,987)

= Rp. 50.672.747,00

= Rp. 316.704,67 per jam

Untuk hasil perhitungan biaya perbaikan (CR) komponen mesin *crusher* Tuban III yang lain disediakan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.14. Biaya Perbaikan (CR) Mesin *Crusher* Tuban III

Komponen	**Biaya Perbaikan (CR) per jam**
Wobbler 234BC3	Rp. 316.704,67
Hopper 243EN3	Rp. 403.175,125
Rotor 243BC3	Rp. 609.485,58
Appron 243BC3	Rp. 427.651,875
Rotary 243BC3	Rp. 535.724,70
Oil Plate 243BC3	Rp. 170.458,725
TOTAL	**Rp. 2.463.200,675**

Dari hasil perhitungan analisis kualitatif diatas, maka dapat dibuat tabel RCM Decision Worksheet II sebagai berikut:

Tabel 4.15. RCM *Decision Worksheet* II Komponen Kritis Mesin *Crusher* Tuban III

No	RCM Decision Worksheet II	Sistem : SISTEM OPERASI CRUSHER				Facilitator: PMC	Date: May 30
		Subsistem : CRUSHER TUBAN III				Auditor: PMC	Year: 2012
	Komponen	MTTR (Hari)	Biaya Pergantian Komponen (CF)	Biaya *Man Hours* (CW)	Biaya Operasional (CO)	Biaya Perbaikan (CR) per jam	Frekuensi Perbaikan
1.	Wobbler 234BC3	0,987	Rp. 12.671.300	Rp. 262.500	Rp. 38.239.500	Rp. 316.704,67	4 kali/tahun
2.	Appron 243BC3	1,150	Rp. 10.671.300	Rp. 262.500	Rp. 38.239.500	Rp. 427.651,875	3 kali/tahun
3.	Hopper 243EN3	1,613	Rp. 2.404.300	Rp. 262.500	Rp. 38.239.500	Rp. 403.175,125	4 kali/tahun
4.	Rotary 243BC3	1,976	Rp. 9.036.000	Rp. 262.500	Rp. 38.239.500	Rp. 535.724,70	4 kali/tahun
5.	Rotor 243BC3	0,850	Rp. 64.790.994	Rp. 262.500	Rp. 38.239.500	Rp. 609.485,58	2 kali/tahun
6.	Oil Plate 243BC3	0,698	Rp. 399.000	Rp. 262.500	Rp. 38.239.500	Rp. 170.458,725	2 kali/tahun

4.3. Interpretasi Data Perawatan Komponen Kritis Mesin *Crusher* Tuban III

Dari hasil analisis yang dilakukan terhadap komponen – kopmponen kritis mesin *crusher* Tuban III di atas, baik secara kualitatif dan kuantitatif maka diperoleh hasil sebagai berikut:

1. *Wobbler* 243BC3

Berdasarkan analisis FMEA komponen ini tidak dapat melanjutkan material batu kapur ke *drum bucket* karena terjadi gangguan pada sisitem penggerak seperti *gear, belt,* dan adanya material yang tidak biasa masuk pada sistem. Sehingga mesin otomatis berhenti dan target produksi *pile* terganggu.

Setelah dilakukan analisis dengan RCM maka, komponen *Wobbler* 243BC3 dilakukan tindakan *Scheduled On Condition Task* (SOCT) yaitu pemeriksaan secara berkala atau periodik untuk mencegah kerusakan. Dan dilakukan *Scheduled Restoration Task* atau memperbaiki kerusakan yang terjadi yaitu menguras material karena ada material yang tidak sesuai masuk ke dalam sistem serta melakukan tindakan *Scheduled Discard Task* atau mengganti *item* dari komponen yang rusak yaitu *gear, belt*, dan vibrameter.

Berdasarkan analisis kuantitatif didapatkan bahwa *Wobbler* 243BC3 dilakukan perbaikan sebanyak 4 kali per tahun dengan biaya perbaikan sebesar Rp. 316.704,67 per jam.

2. *Hopper* 243EN3

Berdasarkan analisis FMEA komponen ini tidak dapat menyaring material batu kapur sesuai ukuran yang ditetapkan karena terjadi kerusakan pada *shaft hopper* dan adanaya kebocoran pada dinding *hopper* serta adanya material yang tidak biasa masuk pada sistem. Sehingga mesin otomatis berhenti dan material *limestone* sangat heterogen.

Setelah dilakukan analisis dengan RCM maka, komponen *Hopper* 243EN3 dilakukan tindakan *Scheduled On Condition Task* (SOCT) yaitu pemeriksaan secara berkala atau periodik untuk mencegah kerusakan. Dan dilakukan *Scheduled Restoration Task* atau memperbaiki kerusakan yang terjadi yaitu menguras material karena ada material yang tidak sesuai masuk ke dalam sistem serta melakukan tindakan *Scheduled Discard Task* atau mengganti *item* dari komponen yang rusak yaitu *shaft hopper dan bearing*.

Berdasarkan analisis kuantitatif didapatkan bahwa *Hopper* 243EN3 dilakukan perbaikan sebanyak 4 kali per tahun dengan biaya perbaikan sebesar Rp. 403.175,125 per jam.

3. *Rotor* 243BC3

Berdasarkan analisis FMEA komponen ini tidak dapat menggerakkan *hemmer mill* karena adanya gangguan *electrical* pada komponen dan *motor* mengalami gangguan. Sehingga mesin otomatis berhenti dan target produksi tidak terpenuhi.

Setelah dilakukan analisis dengan RCM maka, komponen *Rotor* 243BC3 dilakukan tindakan *Scheduled On Condition Task* (SOCT) yaitu pemeriksaan secara berkala atau periodik untuk mencegah kerusakan. Dan dilakukan *Scheduled Restoration Task* atau memperbaiki kerusakan yang terjadi yaitu memperbaiki gangguan *electrical* pada komponen serta melakukan tindakan *Scheduled Discard Task* atau mengganti *item* dari komponen yang rusak yaitu *motor* atau komponen penggerak.

Berdasarkan analisis kuantitatif didapatkan bahwa *Rotor* 243BC3 dilakukan perbaikan sebanyak 2 kali per tahun dengan biaya perbaikan sebesar Rp. 609.485,58 per jam.

4. *Appron* 243BC3

Berdasarkan analisis FMEA komponen ini tidak dapat membawa material tanah liat ke proses selanjutnya karena adanya gangguan pada sistem penggerak yaitu pada *item belt* dan *gear*. Sehingga mesin otomatis berhenti dan target produksi tidak terpenuhi.

Setelah dilakukan analisis dengan RCM maka, komponen *Appron* 243BC3 dilakukan tindakan *Scheduled On Condition Task* (SOCT) yaitu pemeriksaan secara berkala atau periodik untuk mencegah kerusakan. Dan *Scheduled Discard Task* atau mengganti *item* dari komponen yang rusak yaitu *gear* dan *belt*.

Berdasarkan analisis kuantitatif didapatkan bahwa *Appron* 243BC3 dilakukan perbaikan sebanyak 3 kali per tahun dengan biaya perbaikan sebesar Rp. 427.651,875 per jam.

5. *Rotary* 243BC3

Berdasarkan analisis FMEA komponen ini tidak dapat membawa material ke proses selanjutnya karena adanya gangguan pada sistem penggerak yaitu pada *item gear* dan

sistem pengumpan macet. Sehingga mesin otomatis berhenti dan target produksi tidak terpenuhi.

Setelah dilakukan analisis dengan RCM maka, komponen *Rotary* 243BC3 dilakukan tindakan *Scheduled On Condition Task* (SOCT) yaitu pemeriksaan secara berkala atau periodik untuk mencegah kerusakan. Dan dilakukan *Scheduled Restoration Task* atau memperbaiki kerusakan yang terjadi yaitu memenguras material dan memperbaiki sistem pengumpan serta melakukan tindakan *Scheduled Discard Task* atau mengganti *item* dari komponen yang rusak yaitu *gear* dan *lube oil*.

Berdasarkan analisis kuantitatif didapatkan bahwa *Rotary* 243BC3 dilakukan perbaikan sebanyak 4 kali per tahun dengan biaya perbaikan sebesar Rp. 535.724,70 per jam.

6. *Oil Plate* 243BC3

Berdasarkan analisis FMEA komponen ini tidak mampu menampung pelumas motor dengan baik. Sehingga efisiensi peralatan menurun dan biaya pemeliharaan meningkat.

Setelah dilakukan analisis dengan RCM maka, komponen *Rotary* 243BC3 dilakukan tindakan *Scheduled On Condition Task* (SOCT) yaitu pemeriksaan secara berkala atau periodik untuk mencegah kerusakan. Dan dilakukan *Scheduled Restoration Task* atau memperbaiki kerusakan yang terjadi yaitu mengganti secara berkala *lube oil* dan memperbaiki *drum Oil Palte*.

Berdasarkan analisis kuantitatif didapatkan bahwa *Rotary* 243BC3 dilakukan perbaikan sebanyak 2 kali per tahun dengan biaya perbaikan sebesar Rp. 170.458,725 per jam.

BAB V
PENUTUP

Pada bab penutup ini akan dijabarkan kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan. Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan penelitian yang telah dirumuskan pada tahap awal. Sedangkan saran dimaksudkan untuk memberi masukan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan yang mengacu pada hasil analisis dan pembahasan, baik untuk pihak instansi mananpun untuk penelitian selanjutmya.

5.1 Kesimpulan

Dari hasil evaluasi secara kualitatif dan kuantitatif yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Mesin kritis pada unit *Crusher* Tuban III adalah komponen-komponen kritis berturut-turut dari nilai RPN terbesar adalah *Wobbler* 243BC3 (504), *Hopper* 243EN3 (441), *Rotor* 243BC3 (432), *Appron* 243BC3 (378), *Rotary* 243BC3 (324), *Oil Plate* 243BC3(160). Dan perawatan yang tepat ditinjau dari aspek konsekuensi kegagalan berdasarkan analisis FMEA adalah sebagai berikut.
   a. *Scheduled on-condition task*:
      Wobbler 243BC3, *Hopper* 243EN3, *Rotor* 243BC3, *Appron* 243BC3, *Rotary* 243BC3, *Oil Plate* 243BC3.
   b. *Scheduled restoration task*:
      Wobbler 243BC3, *Hopper* 243EN3, *Rotor* 243BC3, *Rotary* 243BC3, *Oil Plate* 243BC3.
   c. *Scheduled discard task*:
      Wobbler 243BC3, *Hopper* 243EN3, *Rotor* 243BC3, *Appron* 243BC3, *Rotary* 243BC3.
2. Untuk mengoptimalkan kinerja unit *crusher* agar dapat berfungsi sesuai dengan yang diinginkan perusahaan serta dapat mencapai target kapasitas produksi maka setiap komponen pada unit ini harus dijaga pada kondisi keandalan di atas nilai minimum yang ditetapkan perusahaan yaitu 80%. Dan dari hasil analisis dengan metode FTA, maka diperoleh Frekuensi perbaikan sebagain berikut.
   a. *Wobbler* 243BC3 : 4 hari
   b. *Hopper* 243EN3 : 4 hari

c. *Rotor* 243BC3 : 2 hari
d. *Appron* 243BC3 : 3 hari
e. *Rotary* 243BC3 : 4 hari
f. *Oil Plate* 243BC3 : 2 hari

3. Untuk besar biaya perbaikan tiap komponen kritis mesin *crusher* Tuban III agar perawatan optimal baik dari segi waktu dan biaya maka diperoleh biaya perbaikan komponen kritis mesin *crusher* Tuban III sebagai berikut.
   a. *Wobbler* 243BC3 : Rp. 316.704,67 per jam
   b. *Hopper* 243EN3 : Rp. 403.175,125 per jam
   c. *Rotor* 243BC3 : Rp. 609.485,58 per jam
   d. *Appron* 243BC3 : Rp. 427.651,875 per jam
   e. *Rotary* 243BC3 : Rp. 535.724,70 per jam
   f. *Oil Plate* 243BC3 : Rp. 170.458,725 per jam

   Sehingga total biaya perbaikan komponen pada mesin *crusher* Tuban III adalah sebesar Rp. 2.463.200,675. per jam.

5.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian ini, maka penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Perusahaan mempertimbangkan kajian penelitian ini untuk dapat dijadikan acuan dalam proses melakukan perancangan perawatan.
2. Agar penelitian ini ditindaklanjuti dengan ruang lingkup dan rentang waktu data yang lebih luas. Seperti: sistem *Hammer mill* secara keseluruan dikarenakan sistem tersebut merupakan sistem utama penghancur material bahan baku semen yaitu batu kapur (*Limestone*).
3. Menggunakan metode lain yang mungkin lebih sesuai seperti RPA dan lain sebagainya.