

repository.ub.ac.id

**PERENCANAAN SISTEM *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM) PADA
INSTALASI *BELT CONVEYOR STACKING* 2 UNTUK MENINGKATKAN
KEANDALAN MESIN DI PT. KALTIM PRIMA COAL**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**DODI ALEXSANDER ARITONANG
NIM. 115060207111019-62**

**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2015**



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan YME atas segala berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul ” Desain sistem *reliability centered maintenance (RCM)* pada instalasi *conveyor stacking 2* untuk meningkatkan kehandalan mesin di *Kaltim Prima Coal*” sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya dan sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu selama proses penyelesaian skripsi ini, terutama kepada :

1. Almarhum bapak dan ibu saya dan keluarga tercinta.
2. Bapak Ir., Tjuk Oerbandono, M.Sc., CSE selaku Dosen Pembimbing I dan selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Produksi.
3. Bapak Rudianto Raharjo, ST.,MT selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Kurniadi selaku pembimbing lapangan selama di PT. KPC.
5. Bapak Tikto Hartanto selaku pembimbing lapangan selama di PT. KPC.
6. Bapak Dr. Eng. Nurkholis Hamidi, ST.,M.Eng. selaku Ketua Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang dan yang telah membantu memberikan pengarahan selama proses penyusunan skripsi ini.
7. Ibu Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST.,MT. Ketua Program Studi SI Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan pengarahan, ilmu dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi ini.
8. Bapak Purnami, ST., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan pengarahan, dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi ini.
9. Seluruh Karyawan *Coal Processing and Plant Departement* yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan yang sangat mendukung selama penelitian yang dilakukan di PT. KPC, Sangatta, Kalimantan Timur.
10. Seluruh Dosen Pengajar dan Staf Administrasi Jurusan Mesin dan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan yang sangat mendukung baik dalam perkuliahan maupun selama penyusunan skripsi ini.
11. Yan Grandis Sanjaya dan Marita Kusnawati selaku teman seperjuangan selama mengerjakan penelitian ini, banyak membantu dan menguatkan selama prosesnya.

- repository.ub.ac.id
12. Saudara seperjuangan “KAMIKAZE” yang telah menjadi keluarga dan memberikan banyak pelajaran dan nasehat kepada saya. Semoga kita selalu diberi kemudahan, kelancaran dan kekuatan.
 13. Seluruh Keluarga Besar Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
 14. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak agar terciptanya karya tulis yang lebih baik . Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya.

Malang, Juli 2015

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
RINGKASAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	4
2.2 Definisi Pemeliharaan.....	4
2.3 Jenis-jenis Pemeliharaan.....	5
2.4 <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>	7
2.4.1 Tujuan <i>Reliability Centered Maintenance</i>	7
2.4.2 <i>Failure Consequences</i>	8
2.4.3 <i>Proactive Task</i>	9
2.4.4 <i>Default Action</i>	9
2.4.5 <i>Functional Block Diagram (FBD)</i>	9
2.4.6 <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	10
2.4.7 <i>Risk Priority Number (RPN)</i>	11
2.4.8 <i>RCM Decision Diagram</i>	13
2.5 Komponen-Komponen RCM.....	15
2.6 Fungsi Distribusi.....	17
2.6.1 Fungsi distribusi kumulatif	18
2.6.2 Fungsi keandalan (<i>reliability</i>).....	18
2.7 Model Distribusi	19
2.7.1 Parameter Distribusi.....	19
2.7.2 Distribusi keandalan.....	20



2.8	<i>Failure Rate</i> dalam <i>Bath-up Curve</i>	22
2.9	<i>Belt Conveyor</i>	23
2.9.1	Komponen-Komponen Utama Pada <i>Belt Conveyor</i>	24
2.9.2	<i>Belt</i>	24
2.9.3	<i>Conveyor Stacking 2</i>	25
2.9.4	Komponen Pendukung <i>Conveyor</i>	28
2.10	Hipotesis	31
BAB III METODE PENELITIAN		33
3.1	Metode Pengumpulan Data	33
3.2	Tahap Pengolahan Data	29
3.3	Variabel Penelitian.....	34
3.4	Diagram Alir Penelitan	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1	Studi Pendahuluan	37
4.2	Identifikasi Kerusakan dan pemilihan komponen kritis	38
4.3	Pengumpulan data.....	39
4.4	Pengolahan data	40
4.4.1	<i>Functional Block Diagram</i>	40
4.4.2	<i>RPN (Risk Priority Number)</i>	42
4.4.3	<i>FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)</i>	43
4.4.4	Penentuan distribusi Waktu Antar kerusakan	45
4.4.5	Perhitungan <i>Mean Time To Failure (MTTF)</i>	49
4.5	Analisis Perhitungan <i>Reliability</i> pada mesin <i>Belt Conveyor</i>	49
4.6	<i>RCM Decision Worksheet</i>	55
4.7	Pembahasan.....	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		47
5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran	63

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Perbandingan penelitian yang dilakukan dengan terdahulu	4
Tabel 2.2	Perbandingan kebijakan pemeliharaan	7
Tabel 2.3	<i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	11
Tabel 2.4	Parameter <i>Severity</i>	12
Tabel 2.5	Parameter <i>Occurrence</i>	12
Tabel 2.6	Parameter <i>Detection</i>	12
Tabel 2.7	RCM II <i>Decision Worksheet</i>	14
Tabel 2.8	Hubungan antara Diameter <i>roller Idler</i> dengan Lebar <i>Belt</i>	31
Tabel 4.1	Data MPI tertinggi di perusahaan kaltim prima coal	37
Tabel 4.2	Data kerusakan tertinggi di conveyor stacking 2	38
Tabel 4.3	Data Waktu antar Kerusakan (TF) dan Waktu Lama Perbaikan (TR)	39
Tabel 4.4	Tabel <i>Risk Priority Index</i>	42
Tabel 4.5	FMEA <i>Conveyor Stacking 2</i>	44
Tabel 4.6	Distribusi dan Parameter data waktu antar kerusakan	46
Tabel 4.7	Komponen <i>Belt Conveyor</i>	49
Tabel 4.8	Perhitungan kehandalan <i>belt conveyor</i>	50
Tabel 4.9	Nilai Kehandalan Komponen <i>Idler</i>	51
Tabel 4.10	Perhitungan kehandalan <i>Pulley</i>	52
Tabel 4.11	Perhitungan kehandalan <i>Skirtboard</i>	52
Tabel 4.12	Perhitungan kehandalan <i>Shaft</i>	53
Tabel 4.13	<i>Decision Worksheet</i>	55

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Struktur <i>Maintenance</i> (Pemeliharaan)	5
Gambar 2.2	Komponen-komponen RCM	15
Gambar 2.3	Aspek dari <i>Proactive Maintenance</i> Untuk Mendapatkan <i>Life Extent</i>	17
Gambar 2.4	<i>Shape Parameter</i>	17
Gambar 2.5	<i>Bathtub curve</i>	22
Gambar 2.6	Konstruksi <i>belt conveyor</i>	24
Gambar 2.7	Penampang <i>belt</i>	25
Gambar 2.8	<i>Conveyor Stacking 2</i>	27
Gambar 2.9	<i>Chute</i>	28
Gambar 2.10	<i>Skirt board</i>	28
Gambar 2.11	<i>Electric motor</i>	29
Gambar 2.11	<i>Head pulley</i>	29
Gambar 2.12	<i>Tail pulley</i>	30
Gambar 2.13	<i>Plow</i>	30
Gambar 2.14	<i>Idlers</i>	31
Gambar 3.1	Diagram Alir Penerapan RCM pada penelitian	36
Gambar 4.1	<i>Functional Block Diagram Belt Conveyor</i>	41
Gambar 4.2	Diagram <i>Risk Priority Index (RPN)</i>	43
Gambar 4.3	Penentuan Distribusi waktu antar kerusakan pada <i>Pulley</i>	46
Gambar 4.4	Hasil Distribusi Komponen <i>Pulley</i>	48
Gambar 4.5	Grafik <i>Reliability</i> Komponen Kritis Mesin <i>Belt conveyor</i> Terhadap Waktu	54

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Tabel Distribusi Normal Baku
- Lampiran 2. *Probabilty Plot dan Distribution Overview Plot*
- Lampiran 3. Data Antar kerusakan Dan Lama perbaikan
- Lampiran 4. Gambar Masing-masing komponen



RINGKASAN

Dodi Alexander, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Juli 2015, *Perencanaan sistem reliability centered maintenance (RCM) pada instalasi conveyor stacking 2 untuk meningkatkan keandalan mesin di Kaltim Prima Coal*, Dosen Pembimbing : Tjuk Oerbandono, Ir., M.Sc., CSE dan Rudianto Raharjo, ST.,MT.

Teknologi pada saat ini berperan besar pada setiap kegiatan yang ada di masyarakat, hal ini yang membuat masyarakat sangat ketergantungan pada teknologi. Sehingga menuntut alat yang digunakan beroperasi dalam jangka waktu yang sangat lama. Ini disebabkan permintaan akan barang produksi yang besar. Untuk itu diperlukan langkah atau strategi dalam hal untuk mencapai itu semua yaitu perawatan atau *maintenance* secara berkala agar alat atau mesin tersebut memiliki keandalan yang tinggi. Pada penelitian ini akan menganalisis mengenai peningkatan keandalan pada mesin *Conveyor stacking 2* yang berada di PT. Kaltim Prima Coal. Dari data yang diperoleh salah satu mesin yang sering mengalami kerusakan adalah *conveyor stacking 2* tersebut. Oleh sebab itu diperlukan suatu metode pemeliharaan yang sesuai agar alat ini dapat beroperasi dalam jangka waktu lama sehingga dapat memenuhi target yang sudah ditetapkan.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *RCM (Reliability Centered Maintenance)*. Dengan cara mengumpulkan semua data kerusakan perusahaan, yang kemudian diurutkan menurut *RPN (Risk priority number)*, sebelum menghitung waktu antar kerusakan kita terlebih dahulu melakukan uji distribusi untuk mengetahui distribusi apa yang cocok untuk mengetahui nilai *MTTF (Mean time to failure)*. Setelah didapatkan jarak waktu antar kerusakan perkomponen, kita dapat menghitung keandalan komponen saat ini dan merencanakan target keandalan yang ingin kita capai sehingga dapat membuat *life time* alat menjadi panjang. Setelah itu membuat analisis dalam bentuk *decision worksheet* yang berisi dari hasil yang yang diperoleh setelah melakukan dari tahapan *RCM (Reliability Centered maintenance)*.

Komponen kritis yang didapat adalah *belt conveyor, idler, pulley, skirtboard, shaft*. Sedangkan untuk perhitungan *Reliability* (keandalan) komponen *belt conveyor* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 88% meningkat sebesar 61.89 % dari nilai *reliability* saat ini yaitu 26.11% dan juga karena jarak perawatan yang sangat singkat dimungkinkan untuk melakukan redesain. *Reliability* (keandalan) komponen *Idler* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 89.14 % meningkat sebesar 48.70 % dari nilai *reliability* saat ini yaitu 40.44 % interval pemeliharaan yang dimaksud adalah *condition maintenance* pada setiap komponennya. *Reliability* (keandalan) komponen *pulley* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 90.92 % meningkat sebesar 50.17 % dari nilai *reliability* saat ini yaitu 40.75 %. *Reliability* (keandalan) komponen *skirtboard* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 90.35 % meningkat sebesar 49.13 % dari nilai *reliability* saat ini yaitu 41.22 %. *Reliability* (keandalan) komponen *Shaft* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 90.86 % meningkat sebesar 61.07 % dari nilai *reliability* saat ini yaitu 29.79%.

Keywords: *Conveyor, RCM, Reliability, Maintenance*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi pada saat ini sangat berperan besar pada setiap kegiatan yang ada di masyarakat, dan masyarakat cenderung mengalami ketergantungan pada teknologi dan mulai meninggalkan cara-cara konvensional. Dan khususnya pada dunia industri skala besar, mesin-mesin yang menjadi penunjang dari proses produksi dituntut untuk, memiliki mesin yang berteknologi tinggi dan memiliki *life time* yang lama dalam hal jam operasionalnya. Ini dikarenakan sangat erat kaitannya dengan jumlah produksi yang dapat dihasilkan oleh suatu perusahaan. Perusahaan membutuhkan jam operasional yang konstan agar target-target produksi yang telah ditetapkan dapat tercapai. Untuk mencapai itu semua diperlukan sistem dan strategi yang benar.

Untuk dapat terus-menerus menjalankan proses produksi, maka hal yang menjadi fokus utama adalah pemeliharaan alat atau lebih dikenal dengan *maintenance*. Kegiatan pemeliharaan mempunyai peranan yang penting karena alat akan beroperasi lebih lama dan memiliki keandalan (*reliability*). Ini dimaksudkan untuk memastikan alat tersebut bekerja sesuai dengan standar yang telah dibuat. Sehingga dapat meminimalkan biaya atau kerugian-kerugian yang ditimbulkan akibat adanya kerusakan mesin dan *delay time* untuk produksi.

KPC (Kaltim Prima Coal) merupakan produsen penghasil batubara terbesar di Indonesia yang berlokasi di Sanggatta, Kalimantan Timur. Pada saat ini target kapasitas produksi perhari perusahaan batubara tersebut adalah 134.000 ton batubara. Tetapi untuk mencapai target tersebut setiap harinya, beberapa hambatan yang menghalangi adalah terjadinya *downtime* yang diakibatkan oleh keausan komponen mesin perusahaan yang sudah tua atau tidak diganti sesuai jadwalnya. Sistem perawatan yang dilakukan selama ini oleh perusahaan menggunakan *system preventive maintenance* dan *run to failure*, tetapi dalam pelaksanaannya masih belum terprogram dengan baik. Sistem perawatan yang berjalan ini juga kurang memperhatikan faktor keandalan (*Reliability*) dari mesin produksi sehingga ketika terjadi kerusakan, pihak perusahaan hanya mengganti komponen yang rusak tanpa memperhatikan keandalannya.

Run to failure merupakan suatu jenis kegagalan fisik, dimana suatu peralatan sama sekali tidak mampu untuk berfungsi. Kegagalan fungsi suatu peralatan terjadi secara mendadak tetapi merupakan akibat dari kegagalan-kegagalan potensial sebelumnya.

Mengingat sifat keagalannya, maka alat pemantau tidak dapat mendeteksi suatu kegagalan potensial sampai kegagalan potensial tersebut mencapai tingkat besaran tertentu atau saat kegagalan potensial berikutnya lebih intensif terjadi. Oleh karena itu bila kita berhasil mendeteksi perubahan pada sifat fisik maupun kimiawi yang berpengaruh pada fungsi peralatan atau komponen itu telah mengalami kegagalan. Perawatan bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan (*breakdown unscheduled*) dan umur alat atau komponen sesuai dengan rekomendasi faktor. Dengan pelaksanaan perawatan yang baik, maka performa peralatan dapat terjaga pada kondisi optimalnya.

Semakin bertambahnya umur dari unit atau komponen, maka unit atau komponen tersebut mengalami penurunan kualitas operasionalnya. Salah satu mesin kritis di PT.KPC adalah conveyor. Conveyor mengalami kerusakan karena sering beroperasi diluar kapasitasnya. Oleh sebab itu dilakukan pemeliharaan yang terjadwal dan terukur agar biaya operasional dapat di minimalisir dan alat memiliki *lifetime* yang panjang.

Salah satu metode yang bisa digunakan untuk mengatasi permasalahan aktivitas perawatan yang belum terprogram dan keandalan mesin dikarenakan usia mesin yang sudah tua maka perlu dilakukan adanya penggambaran sistem perawatan aktual dengan menggunakan *Condition Monitoring Maintenance* dan ditunjang dengan metode *Reliability centered maintenance (RCM)*. *Reliability centered maintenance (RCM)* didefinisikan sebagai suatu proses yang digunakan untuk menentukan tindakan yang seharusnya dilakukan untuk menjamin setiap item fisik atau suatu sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan oleh penggunaanya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan, penelitian ini dapat dirumuskan suatu permasalahan sebagai berikut:

1. Apa saja komponen terkritis yang terdapat pada mesin *Conveyor Stacking 2*?
2. Kapan interval waktu perbaikan pada masing-masing komponen kritis tersebut?
3. Rekomendasi jenis tindakan pemeliharaan (*maintenance task*) apa saja yang dilakukan pada setiap komponen yang diteliti?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjalankan penelitian ini akan dilakukan pada lingkup dunia kerja PT. Kaltim Prima Coal, Penelitian ini menitik beratkan pada perencanaan interval pemeliharaan. Dan secara umum komponen pada *conveyor* sendiri tersusun atas beberapa

komponen kritis, maka pada laporan ini penulis membatasi hanya pada bagian: *belt conveyor, skirtboard, shaft, idlers, pulley*

Untuk perhitungan efisiensi ini penulis menggunakan metode *Weibull* dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, *Mean time to failure (MTTF)*.

- Penelitian dilakukan pada PT. Kaltim Prima Coal
- Objek untuk penelitian dilakukan pada mesin *conveyor stacking 02*
- Pemilihan komponen kritis pada mesin *conveyor stacking 02* dibatasi dengan 5 komponen kritis tertinggi.
- Data historis yang diambil meliputi data *conveyor* tahun 2010-2015

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui komponen kritis pada mesin *conveyor stacking 2*.
2. Memberikan rekomendasi interval perawatan bagi mesin *conveyor stacking 2*.
3. Memberi saran rekomendasi jenis tindakan/aktivitas pemeliharaan (*maintenance task*) yang dilakukan pada setiap unit yang diteliti.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian pada penelitian ini adalah:

1. Perusahaan mendapat pandangan mengenai komponen-komponen kritis pada mesin *Conveyor Stacking 2*, mengetahui interval perawatan yang sesuai dan tindakan yang sesuai untuk mesin yang diteliti.
2. Sebagai sarana pengaplikasian mata kuliah yang diambil selama kuliah, salah satunya manajemen perawatan.
3. Dapat memberikan pengalaman dan pengetahuan kepada mahasiswa yang ingin melaksanakan tugas akhir juga dip perusahaan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 menggambarkan secara detail penelitian-penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan saat ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian yang Dilakukan dengan Penelitian sebelumnya

	Wing (2010)	Novira (2010)	Kusumoningrum (2010)	Asisco (2012)
Tujuan	Memetakan aktivitas perawatan mesin, dan mengembangkan <i>Standard Operation Prosedure (SOP)</i>	Efisiensi biaya dan <i>maintenance task</i>	Menentukan kegiatan perawatan	Jadwal kegiatan perawatan dan <i>maintenance task</i>
Metode Analisis	<i>Fishbone diagram, current state map</i>	FMEA, LTA, <i>Total Minimum Downtime</i>	FMEA, LTA	FMEA, LTA, <i>Total Minimum Downtime</i>
Objektif Penelitian	<i>Future state map</i> dan SOP perawatan mesin	Efisiensi biaya dan tindakan kegiatan perawatan (<i>maintenance task</i>)	Tindakan kegiatan perawatan (<i>maintenance task</i>)	Identifikasi komponen kritis, jadwal penggantian komponen kritis dan tindakan kegiatan perawatan (<i>maintenance task</i>)

Sumber : Dokumentasi pribadi

2.2 Definisi Pemeliharaan

Pemeliharaan adalah kegiatan untuk memperbaiki peralatan perusahaan agar dapat melaksanakan produksi dengan efektif dan efisien agar beroperasi sesuai dengan desain yang telah direncanakan untuk memenuhi hasil produksi yang diinginkan sedangkan menurut Jay Heizer dan Barry Render (2001), definisi pemeliharaan (*maintenance*) adalah segala kegiatan yang didalamnya adalah untuk menjaga sistem peralatan agar bekerja dengan baik dan dilakukan secara berkala.

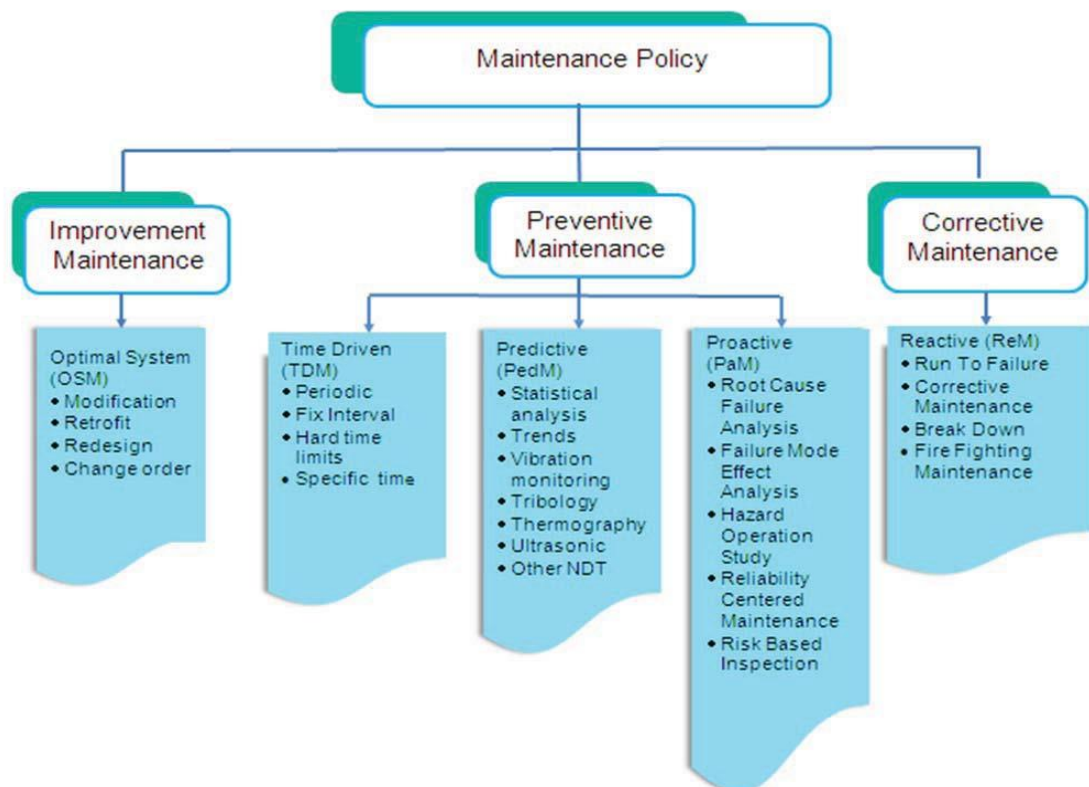


Tujuan utama dilakukannya pemeliharaan menurut Daryus A (2008) yaitu:

1. Untuk memperpanjang umur operasional asset
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba maksimum yang ditargetkan
3. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
4. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

2.3 Jenis Pemeliharaan (*Maintenance*)

Terdapat tiga tipe tindakan utama pada pemeliharaan yakni



Gambar 2.1 Struktur *Maintenance* (Pemeliharaan)

Sumber : Buku Pemeliharaan Mekanik

a. *Improvement Maintenance* (Pemeliharaan perbaikan)

Pemeliharaan perbaikan adalah langkah untuk dapat mengurangi atau mungkin untuk menghilangkan kebutuhan akan pemeliharaan yang ada. Yang sering terjadi adalah dalam melakukan pemeliharaan kita tidak merencanakan. Dengan dasar ini keandalan rekayasa diharapkan mampu menekan kegagalan sehingga dapat mengurangi kebutuhan perawatan.

b. *Preventive Maintenance* (Pemeliharaan Pencegahan)

Pemeliharaan pencegahan dilakukan guna memperpanjang umur mesin dan meningkatkan keandalan dari sistem tersebut. Tindakan pemeliharaan ini bervariasi mulai dari perawatan ringan yang membutuhkan durasi kegagalan pendek seperti halnya pelumasan, testing, penggantian terencana terhadap komponen dan sebagainya pada overhaul yang memerlukan waktu durasi kegagalan yang signifikan. Tindakan perbaikan pencegahan biasanya sudah direncanakan dan terjadwal.

1. *Time driven* adalah program pemeliharaan terjadwal yaitu dimana komponen diganti berdasarkan waktu atau jarak tempuh pemakaian. Sistem ini banyak digunakan perusahaan yang menggunakan mesin dengan komponen yang tidak terlalu mahal.
2. *Predictive* adalah pengukuran untuk mendeteksi timbulnya degradasi sistem (turunnya fungsi), sehingga diperlukan mencari penyebab gangguan untuk dihilangkan atau dikontrol sebelum segala sesuatunya membawa dampak penurunan fungsi komponen secara signifikan.
3. *Proactive* adalah perbaikan mesin didasarkan hasil studi kelayakan mesin. Sistem ini banyak diaplikasikan pada industri yang menggunakan mesin-mesin dengan komponen yang berharga mahal.

c. *Corective Maintenance* (Pemeliharaan korektif)

Pemeliharaan yang terdiri dari tindakan mengembalikan kondisi sistem atau produk yang rusak atau gagal beroperasi kembali ke kondisi semula. Tindakannya biasanya berupa perbaikan dari komponen rusak ataupun penggantian komponen rusak. Pemeliharaan perbaikan biasanya dilakukan apabila terjadi kegagalan yang tiba-tiba dan biasanya tidak direncanakan. Untuk *Corective Maintenance* sering juga disebut sebagai *Breakdown maintenance*, kegiatan ini biasanya meliputi perbaikan, restorasi atau penggantian komponen. Kegiatan ini sering tidak terjadwal, sehingga menyebabkan terhambatnya proses produksi. Kebijakan yang mungkin tepat akan tindakan *corrective maintenance* adalah atas dasar pertimbangan *emergency* akibat kerusakan-kerusakan yang tidak terduga atas aset atau mesin tersebut. Kondisi inilah yang menuntut adanya tindakan reaktif (*reactive maintenance*), karena ini menjadi alasan untuk mengatasi kerusakan yang tidak terduga dan terencana itu.

Berikut gambaran untuk perbandingan macam-macam kegiatan tersebut :

Tabel 2.2 Perbandingan kebijakan pemeliharaan

Kebijakan	Pendekatan	Tujuan
<i>Reactive</i>	Menuju proses kegagalan	Meminimalkan biaya perawatan dari peralatan non-kritis.
<i>Time-driven</i>	Program pemeliharaan berbasis waktu dan penggunaan	Meminimalkan peralatan rusak
<i>Predictive</i>	Pengambilan keputusan berdasarkan kondisi peralatan	Menemukan kerusakan tersembunyi dan meningkatkan keandalan kondisi peralatan
<i>Proactive</i>	Pendeteksian sumber kerusakan	Mengurangi resiko kegagalan terhadap system kritis
<i>Improvement</i>	Pendekatan terintegrasi	Meningkatkan system produksi

2.4 *Reliability centered maintenance (RCM)*

Reliability centered maintenance adalah suatu proses yang sistematis yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan dan memastikan bahwa fasilitas tersebut mampu untuk terus beroperasi sebagaimana fungsinya. Sistem ini lebih menfokuskan pada pencegahan pemeliharaan (*Preventive Maintenance*) pada setiap mode kegagalannya (Dhillon, 2002).

2.4.1 Tujuan *Reliability Centered Maintenance*

Beberapa tujuan penting dari penerapan RCM adalah:

- Untuk mengembangkan prioritas desain terkait yang berguna memfasilitasi kegiatan pencegahan pemeliharaan tersebut
- Mendapatkan informasi yang berguna untuk meningkatkan desain atau produk atau mesin yang ternyata tidak memuaskan, yang berhubungan dengan keandalan.
- Membentuk PM dan tugas yang berhubungan yang dapat mengembalikan keandalan dan keamanan pada levelnya semula pada saat terjadinya penurunan kondisi peralatan atau sistem.
- Untuk mencapai tujuan diatas dengan total biaya yang minimal.

Untuk membantu menjalankan RCM memiliki kerangka berfikir sebagai berikut:

1. Apa fungsi dan kinerja yang terkait standar aset dalam konteks operasi ini?
2. Dalam hal ini kegagalan apa yang membuat tidak memenuhi fungsinya?
3. Apa yang menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi?
4. Apa yang terjadi ketika terjadi kegagalan?
5. Seberapa penting kegagalan tersebut?
6. Apa yang bisa dilakukan untuk memprediksi atau mencegah setiap kegagalan?
7. Apa yang harus dilakukan jika kegiatan pencegahan yang sesuai sudah dilakukan namun tetap tidak diketahui penyebabnya?

2.4.2 *Failure Consequences*

Failure consequence adalah dampak yang bisa terjadi apabila suatu sistem (komponen) tidak menjalankan tahapan dari *Reliability Centered Maintenance (RCM)* sebagaimana mestinya. Untuk mengklasifikasikan konsekuensi kegagalan tersebut hal ini dapat dikelompokkan kedalam empat kategori, yaitu:

1. *Hidden failure consequences*. Tidak memberikan dampak langsung tetapi memberikan konsekuensi lain yang cukup banyak dan kegagalan ini cenderung tidak tampak secara visual namun jika tidak ada pencegahannya akan memberikan dampak yang sangat besar.
2. *Safety and environmental consequences*. Kegagalan mempunyai dampak *safety consequences* yaitu dalam operasionalnya dapat membahayakan keselamatan kerja contohnya dapat melukai atau membunuh seseorang. Sementara itu, kegagalan mempunyai dampak *environmental consequences* ini dimaksudkan dalam operasionalnya dapat membahayakan keadaan sekitar dan melanggar dari standar lingkungan dari perusahaan, wilayah, nasional, atau internasional yang telah dibuat.
3. *Operational consequences*. Kegagalan memiliki dampak yang dapat mempengaruhi proses produksi yang membuat tidak tercapainya target-target yang telah dibuat, seperti kualitas produk, jumlah produksi dan mempengaruhi biaya perbaikan langsung.
4. *Non-operational consequences*. Dampak kegagalan ini tidak langsung berpengaruh terhadap proses produksi itu sendiri melainkan meliputi biaya perbaikan langsung.

2.4.3 Proactive Task

Tindakan ini diambil untuk pencegahan sebelum *failure* terjadi, dengan tujuan dapat mencegah aset berada pada keadaan gagal. RCM membagi *proactive task* kedalam tiga kategori, yaitu:

1. *Scheduled restoration tasks*. Mengatur jadwal untuk melakukan perbaikan pada komponen atau sebelum batasan umur yang ditentukan oleh OEM, terlepas dari kondisi komponen pada saat yang telah ditentukan.
2. *Scheduled discard tasks*. Mengatur jadwal untuk melakukan penggantian pada komponen atau sebelum batasan umur yang ditentukan oleh OEM, terlepas dari kondisi komponen pada saat yang telah ditentukan.
3. *Scheduled on-condition tasks*. Untuk mengidentifikasi *potential failures* sehingga dapat menghindari dampak yang akan terjadi dari kegagalan. *Potential failures* adalah mengidentifikasi dampak yang mungkin terjadi dalam proses terjadinya *functional failure* pada kondisi aset.

2.4.4 Default Action

Ini merupakan pilihan tindakan yang bisa diambil apabila *proactive task* tidak dapat diberikan apabila menghadapi *failure mode* yang terjadi. RCM membuat tindakan dan membagi *default action* kedalam tiga kategori, yaitu:

1. *Failure finding*. Memeriksa *hidden failure* (kegagalan yang tidak tampak) pada suatu sistem secara berkala untuk menentukan apakah suatu aset mengalami *failure*. Hal ini biasanya dapat dilakukan dengan perhitungan *FFI (failure finding interval)*
2. *Redesign*. Melakukan perubahan terhadap kemampuan suatu sistem. Mencakup modifikasi terhadap komponen aset dan perubahan terhadap prosedur penggunaan aset. Hal ini memungkinkan apabila pada *decision worksheet* memang harus dilakukan atau laju kegagalan yang terjadi pada kategori *infant mortality*.
3. *No scheduled maintenance*. Tidak dilakukan usaha untuk mencegah terjadinya *failure modes*. Jika terjadi *failure* langsung diperbaiki. Tindakan ini disebut juga *run-to-failure*.

2.4.5 Functional Block Diagram (FBD)

Functional block diagram (FBD) digunakan untuk mendeskripsikan urutan pada saat sistem bekerja. Selain itu, FBD merupakan representasi dari fungsi-fungsi utama sistem yang berupa blok-blok yang berisi fungsi-fungsi dari setiap subsistem yang

menyusun sistem tersebut. Pembuatan FBD diharapkan dapat memudahkan pada saat mengidentifikasi kegagalan yang terjadi.

Keuntungan dari FBD sendiri adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai dasar informasi awal dari sistem mengenai desain dan urutan operasi, yang dipakai sebagai dasar untuk melakukan tindakan perawatan sebagai upaya pencegahan.
- b. Dapat mengetahui gambaran sistem secara utuh.
- c. Mengetahui parameter apa saja yang menyebabkan kegagalan sistem.

2.4.6 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA telah banyak digunakan di berbagai sektor untuk mengatur resiko. Untuk masing-masing dari pengertiannya dapat didefinisikan *Failure modes* merupakan kejadian dimana menyebabkan terjadinya *failed state*. Dapat juga diartikan penyebab terjadinya suatu kegagalan sedangkan pada umumnya *failure modes* disebabkan oleh penurunan fungsi aset dan keausan pada aset. Daftar penyebab kegagalan harus meliputi *human errors* (operator dan *maintainers*) dan kesalahan desain. *Failure effect* merupakan penjelasan apa saja yang akan terjadi ketika *failure modes* berlangsung (Moubray, 1997).

Dapat diartikan dampak dari terjadinya kegagalan. Dalam penjelasan *failure effect* mengandung beberapa informasi, yaitu:

1. Apa bukti (jika ada) bahwa kegagalan telah terjadi.
2. Dalam hal apa (jika ada) kegagalan yang terjadi mengancam keselamatan atau lingkungan.
3. Dalam hal apa (jika ada) kegagalan yang terjadi mempengaruhi produksi atau operasi.
4. Apa kerusakan fisik (jika ada) yang disebabkan oleh kegagalan yang terjadi.
5. Apa yang harus dilakukan untuk memperbaiki kegagalan yang terjadi.

Jadi dapat disimpulkan bahwa *FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)* adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan yang mungkin menyebabkan setiap kegagalan fungsi dan untuk memastikan pengaruh kegagalan berhubungan dengan setiap bentuk kegagalan.

Tabel 2.3 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

RCM Information Worksheet		System:					
		Sub-system:					
		Sub-system Function:					
Equipment	Function		Functional Failure		Failure Mode		Failure Effect
1	2	3	4	5	6	7	8

Sumber: Moubray, 1997

Tabel 2.3 menunjukkan Tabel RCM *Decision Worksheet* yang terdapat 16 kolom. Masing-masing kolom diisi dengan ketentuan tersendiri. Ketentuan-ketentuan tersebut adalah:

- Kolom 1 diisi berdasarkan bagian dari suatu fungsional
- Kolom 2 diisi berdasarkan nomor urut untuk *function*
- Kolom 3 diisi berdasarkan fungsi dari komponen/peralatan
- Kolom 4 diisi berdasarkan nomor urut untuk *functional failure*
- Kolom 5 diisi berdasarkan kegagalan fungsi dari komponen/peralatan
- Kolom 6 diisi berdasarkan nomor urut untuk *failure mode*
- Kolom 7 diisi berdasarkan jenis kegagalan dari komponen/peralatan
- Kolom 8 diisi berdasarkan dampak kegagalan dari komponen/peralatan

Tentunya penggunaan metode FMEA yang dilakukan pada perusahaan mempunyai tujuan tertentu. Tujuan yang dapat dicapai oleh perusahaan dengan penggunaan metode FMEA, adalah:

- a. Untuk mengidentifikasi mode kegagalan dan tingkat keparahan efeknya
- b. Untuk mengidentifikasi karakteristik kritis dan karakteristik signifikan
- c. Untuk mengurutkan pesanan desain potensial dan defisiensi proses
- d. Untuk membantu fokus engineer dalam mengurangi perhatian terhadap produk dan proses, dan membantu mencegah timbulnya permasalahan.

2.4.7 Risk Priority Number (RPN)

Dalam tahapan RCM salah satu *indicator* penentuan komponen kritis adalah RPN. Untuk menentukan tindakan koreksi yang sesuai dengan mode kegagalan. RPN digunakan untuk memperkirakan resiko menggunakan tiga kriteria yaitu :

- Keparahan efek (*Severity*) S – Dampak yang ditimbulkan dari mode kegagalan

Tabel 2.4 Parameter *Severity*

Effect	Criteria: severity of effect	Ranking
Hazardous – without warning	Very high severity ranking when a potential failure mode affects safe operation and/or involves noncompliance with regulations without warning	10
Hazardous – with warning	Very high severity ranking when a potential failure mode affects safe operation and/or involves noncompliance with regulations with warning	9
Very high	Product/item inoperable, with loss of primary function	8
High	Product/item operable, but at reduced level of performance. Customer dissatisfied	7
Moderate	Product/item operable, but may cause rework/repair and/or damage to equipment	6
Low	Product/item operable, but may cause slight inconvenience to related operations	5
Very low	Product/item operable, but possesses some defects (aesthetic and otherwise) noticeable to most customers	4
Minor	Product/item operable, but may possess some defects noticeable by discriminating customers	3
Very minor	Product/item operable, but is in noncompliance with company policy	2
None	No effect	1

Sumber : Mohhamed Ben-Daya

- Penyebab kejadian (*Occurrence*) O – Kemungkinan Terjadinya mode kegagalan dari tiap komponen

Tabel 2.5 Parameter *Occurrence*

Probability of Failure	Possible failure rates	Ranking
Very high: failure is almost inevitable	≥ 1 in 2	10
	1 in 3	9
High: repeated failures	1 in 8	8
	1 in 20	7
Moderate: occasional failures	1 in 80	6
	1 in 400	5
	1 in 2,000	4
Low: relatively few failures	1 in 15,000	3
	1 in 150,000	2
Remote: failure is unlikely	≤ 1 in 1,500,000	1

Sumber : Mohhamed Ben-Daya

- Deteksi penyebab (*Detection*) D – Sejauh apa mode dari kegagalan yang ada dapat di deteksi dan dapat dianalisis penyebabnya.

Tabel 2.6 Parameter *Detection*

Detection	Criteria: likelihood of detection by design control	Ranking
Absolute uncertainty	Design control will not and/or can not detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode; or there is no design control	10
Very remote	Very remote chance the design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode	9
Remote	Remote chance the design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode	8
Very low	Very low chance the design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode	7
Low	Low chance the design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode	6
Moderate	Moderate chance the design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode	5
Moderately high	Moderately high chance the design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode	4
High	High chance the design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode	3
Very high	Very high chance the design control will detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode	2
Almost certain	Design control will almost certainly detect a potential cause/mechanism and subsequent failure mode	1

Sumber : Mohhamed Ben-Daya

Untuk menganalisis dari parameter yang telah dibuat didapatkan lah formula untuk mendapatkan nilai tertinggi komponen kritis dari suatu instalasi

$$RPN = S \times O \times D$$

Setelah diketahui komponen kritisnya ini akan lebih mempermudah dalam penentuan tindakan perawatan yang mana yang lebih didahulukan perawatannya.

2.4.8 RCM *Decision Diagram*

RCM *Decision Diagram* menginterpretasikan semua proses kerangka berfikir dan analisa mengenai sebab akibat kegagalan menjadi sebuah keputusan. *Worksheet* ini berisi tentang kegiatan yang harus dilakukan meliputi, informasi mengenai waktu dilaksanakannya perawatan rutin (jika ada) yang harus dilakukan, seberapa sering pelaksanaan perawatan rutin dilakukan, jika memungkinkan juga ada *redesign* didalamnya dan pihak yang bertanggung jawab melaksanakan perawatan rutin., dan penjelasan mengenai kejadian kegagalan yang terjadi. Semuanya dapat dilihat dan bentuk perintah kerja didalam *worksheet* agar mempermudah setiap individu dalam pembagian tugasnya masing-masing.

Tabel 2.7 RCM *Decision Worksheet*

RCM <i>Decision Worksheet</i>			System:							System No:			Facilitator:		
			Sub-System:							Sub-System No:			Auditor:		
<i>Information reference</i>			Consequence evaluation				H1	H2	H3	<i>Default action</i>			<i>Proposed Task</i>	Initial Interval	<i>Can be done by</i>
							S1	S2	S3						
							O1	O2	O3						
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			

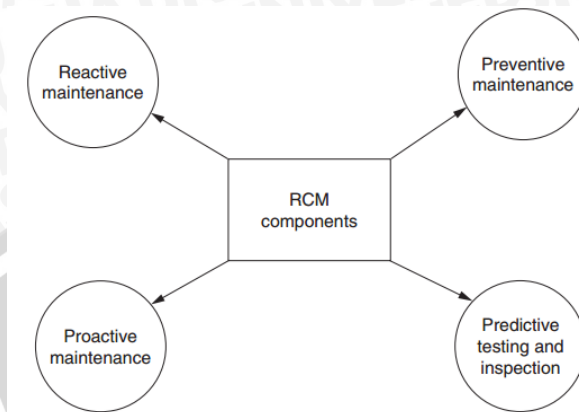
Sumber: Moubray, 1997

Tabel 2.7 menunjukkan Tabel RCM *Decision Worksheet* yang terdapat 16 kolom. Masing-masing kolom diisi dengan ketentuan tersendiri. Ketentuan-ketentuan tersebut adalah:

- Kolom *information reference* (F, FF dan FM) diisi berdasarkan nomor yang merujuk pada fungsi, kegagalan fungsi, dan penyebab kegagalan peralatan pada tabel FMEA
- Kolom *consequence evaluation* (H, S, E dan O) diisi berdasarkan konsekuensi dari kegagalan yang terjadi. Masing-masing simbol mewakili:
 - H adalah *hidden failure consequences*
 - S adalah *safety consequences*
 - E adalah *environmental consequences*
 - O adalah *operational consequences*
- Kolom H1, H2, H3, dll berdasarkan *proactive task* yang dipilih. Masing-masing simbol mewakili:
 - H1/S1/O1/N1 adalah tindakan *scheduled on-condition task* yang dipilih
 - H2/S2/O2/N2 adalah tindakan *scheduled restoration task* yang dipilih
 - H3/S3/O3/N3 adalah tindakan *scheduled discard task* yang dipilih
- Kolom *default action* diisi berdasarkan *default action* yang dipilih. Masing-masing simbol mewakili:
 - H4 adalah *failure finding*
 - H5 adalah *redesign*
 - H6 adalah *no scheduled maintenance*
- Kolom *proposed task* diisi dengan tindakan yang dipilih (jika ada)
- Kolom *initial interval* diisi dengan jangka waktu dilakukannya tindakan yang dipilih
- Kolom *can be done by* diisi dengan pihak yang melaksanakan

2.5 Komponen-Komponen RCM

RCM memiliki empat (4) komponen utama, yaitu *reactive maintenance*, *Preventive maintenance*, *predictive testing and inspection*, and *proactive maintenance*.



Gambar 2. 2 Komponen-komponen RCM.

Sumber: *Engineering Maintenance-A Modern Approach*, Dhillon, 2002.

1. *Reactive Maintenance* (Pemeliharaan Reaktif)

Jenis pemeliharaan ini biasa disebut juga *breakdown maintenance*, *fix-when-fail maintenance*, *run-to-failure maintenance*, atau *repair maintenance*. Dengan menggunakan pendekatan pemeliharaan reaktif, pada saat komponen atau mesin tidak bekerja sesuai fungsinya kegiatan yang sering dilakukan adalah perbaikan mesin, perawatan, atau penggantian komponen. Pada saat melaksanakan pemeliharaan reaktif maka hal yang sering terjadi adalah tingginya penggantian komponen yang menyebabkan besarnya persediaan part, rendahnya usaha dalam melakukan pemeliharaan, dan tingginya persentase kegiatan pemeliharaan tidak terencana. Pemeliharaan reaktif dapat dilakukan dengan baik apabila merupakan hasil keputusan yang disengaja untuk memilih melakukan pemeliharaan reaktif setelah melakukan analisis RCM dengan membandingkan resiko dan biaya kegagalan dengan biaya pemeliharaan yang dibutuhkan untuk mengatasi resiko tersebut.

2. *Preventive maintenance* (Pemeliharaan Pencegahan)

Jenis pemeliharaan ini biasa disebut *time-driven maintenance* atau *interval-based maintenance* yang dilakukan dengan memperhatikan kondisi mesin. Kegiatannya terdiri dari pemeriksaan secara periodic, penggantian part, perbaikan komponen, penyesuaian, pengujian, pelumasan dan pembersihan mesin atau

peralatan. PM di jadwalkan secara rutin dengan sejumlah pemeriksaan dan pemeliharaan dengan interval tertentu dimaksudkan untuk mengurangi terjadinya kegagalan pada peralatan yang rentan terjadi kegagalan. Kegiatan ini juga dimaksudkan untuk mengurangi jumlah dan bahaya atau akibat kegagalan peralatan yang tidak terencana.

Untuk menentukan interval waktu pelaksanaan PM biasanya digunakan data *Mean Time To Failure* (MTBF) sebagai parameternya. Selanjutnya harus diadakan pemantauan terhadap kondisi mesin atau peralatan untuk menentukan kondisi mesin dan untuk menetapkan trend peramalan kondisi mesin yang akan datang. Beberapa pendekatan yang dapat digunakan untuk meramalkan kecenderungan pada waktu tertentu antara lain:

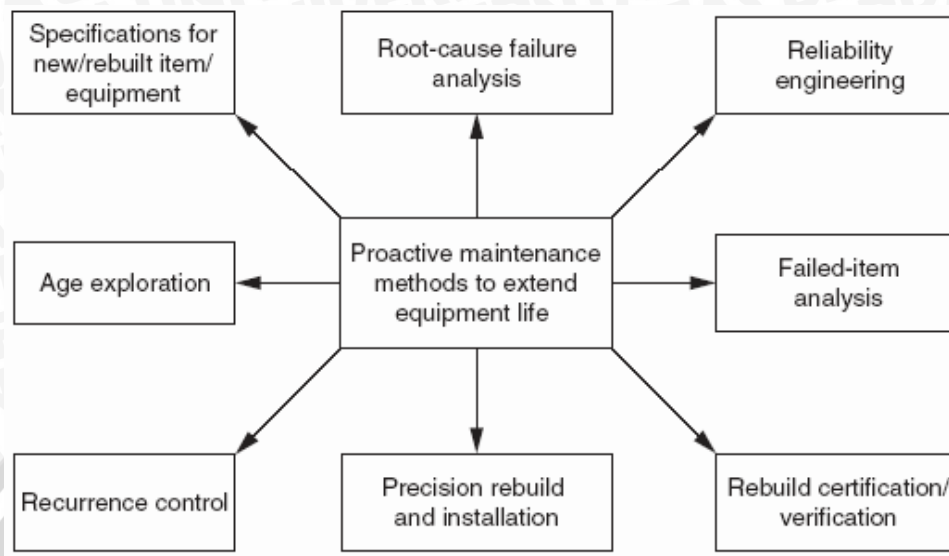
- a. Antisipasi kegagalan dari data yang lalu. Dibutuhkan data historis kegagalan mesin dan pengalaman juga intuisi dalam menentukan kemungkinan terjadinya kegagalan.
 - b. Distribusi statistik dari data kegagalan. Distribusi kegagalan dan probabilitas kegagalan dapat diketahui dengan menggunakan analisis statistik.
 - c. Pendekatan konservatif. Dilakukan dengan melakukan *monitoring* mesin peralatan setiap bulan atau setiap minggu untuk memastikan mesin atau peralatan dalam kondisi yang baik.
3. *Predictive Testing dan Inspection* (PTI)

Walaupun banyak metode yang dapat digunakan untuk menentukan jadwal PM, namun tidak ada yang valid sebelum didapatkan *age-Reliability* characteristic dari sebuah komponen, biasanya informasi ini tidak ada, namun harus segera didapatkan untuk komponen baru. Pengalaman menunjukkan bahwa PTI sangat berguna untuk menentukan kondisi suatu komponen terhadap umurnya.

4. *Proactive Maintenance*

Tipe *maintenance* ini akan menuntun pada : desain, *workmanship*, instalasi, prosedur dan *scheduling maintenance* yang lebih baik. Karakteristik dari *proactive maintenance* adalah *continous improvement* dan menggunakan *feedback* serta komunikasi untuk memastikan bahwa usaha *improvement* yang dilakukan benar-benar membawa hasil yang positif. Analisa *root-cause failure* dan *predictive analysis* diterapkan antara lain untuk mendapatkan *maintenance* yang efektif, menyusun interval kegiatan *maintenance*, dan memperoleh *life cycle*. Gambar 2 menunjukkan

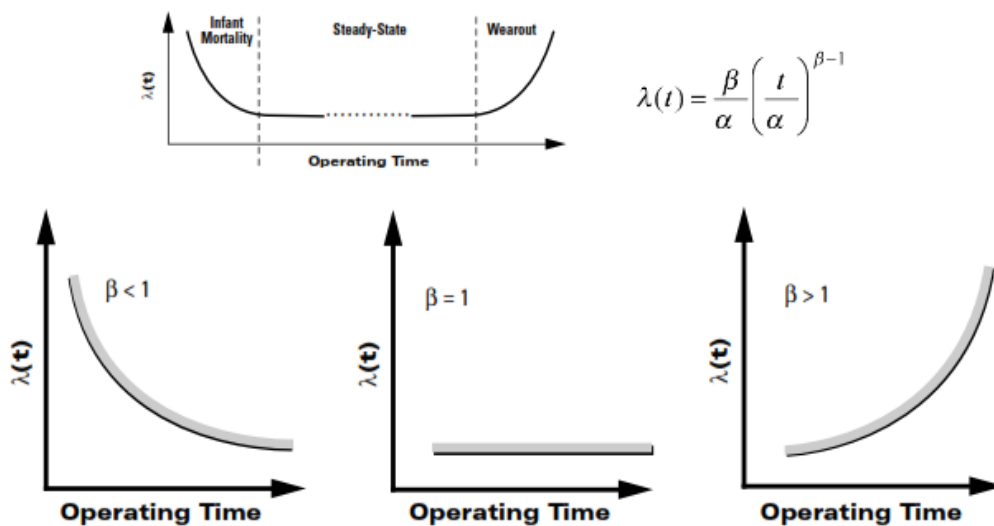
aspek yang merupakan bagian dari *proactive maintenance* untuk mendapatkan *life extent*.



Gambar 2.3 Aspek dari *Proactive Maintenance* Untuk Mendapatkan *Life Extent*.
 Sumber : *Engineering Maintenance-A Modern Approach*, Dhillon, 2002.

2.6 FUNGSI DISTRIBUSI

Dalam menentukan keandalan mesin, salah satu aspek yang harus diperhatikan adalah jenis fungsi distribusinya.



Gambar 2.4 : Shape Parameter
 Sumber: Jerry C. Whitaker

Sebagai penjelasan dari gambar diatas adalah menunjukkan dari empat distribusi keandalan adalah:

- A. Distribusi Weibull : Dapat ditempatkan salah satu dari tiga wilayah *bathtub*.
- B. Distribusi eksponensial : Tingkat kegagalan konstan, Menjelaskan kegagalan datar (*steady-state*) sebagian dari kurva *bathtub*.
- C. Distribusi Lognormal : Dapat ditempatkan pada salah satu dari tiga wilayah dari *Bathup curve*

2.6.1 Fungsi distribusi kumulatif

Fungsi distribusi kumulatif $F(t)$ merupakan fungsi yang menggambarkan probabilitas terjadinya kerusakan sebelum waktu t atau biasa disebut dengan fungsi ketidakandalan. Sehingga menurut Dhillon (2002: 176) secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$F(t) = \int_0^t f(t)dt \quad (2-1)$$

2.6.2 Fungsi keandalan (*reliability*)

Keandalan (*Reliability*) didefinisikan sebagai probabilitas suatu item dalam menjalankan fungsinya secara memuaskan selama periode waktu tertentu dan digunakan atau dioperasikan dalam kondisi yang semestinya (Dhillon, 2002 : 174). Sedangkan arti lainnya adalah peluang dari sebuah unit yang dapat bekerja secara normal ketika digunakan untuk kondisi tertentu setidaknya bekerja dalam suatu kondisi yang telah ditetapkan.

Keandalan adalah suatu ukuran probabilitas yang menyatakan hubungan antara keandalan dengan waktu (t), sehingga keandalan adalah peluang suatu komponen dapat bekerja optimal sampai pada batas waktu t . Dhillon (2002 : 174) menyatakan fungsi keandalan bisa dituliskan dalam notasi matematis :

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (2-2)$$

Sedangkan peluang komponen gagal bekerja dengan optimal dalam jangka waktu t disebut fungsi ketidakandalan $F(t)$ dan menurut Dhillon (2002 : 173-174) bisa dituliskan dalam notasi matematis :

$$F(t) = \int_0^t f(t)dt \quad (2-3)$$

Sehingga dengan mensubstitusikan persamaan (2-3) ke persamaan (2-2) akan didapatkan fungsi keandalan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt \quad (2-4)$$

Keterangan :

- R(t) = Keandalan saat waktu t
 t = waktu operasi peralatan atau komponen
 F(t) = fungsi padat peluang
 f(t) = fungsi kerusakan

2.7 MODEL DISTRIBUSI

Suatu model distribusi kerusakan suatu mesin dapat diketahui dengan menggunakan distribusi statistik.

2.7.1 Parameter Distribusi

Salah satu faktor yang penting dalam menentukan keandalan suatu komponen atau mesin dan dalam mengetahui tingkat kerusakan suatu komponen atau mesin adalah parameter dari setiap distribusi.

Menurut Ebelling (1997), rumus yang digunakan dalam menentukan parameter distribusi antara lain :

1. Distribusi Weibull

$$b = \frac{N \sum_{i=1}^N X_i Y_i - \sum_{i=1}^N X_i \sum_{i=1}^N Y_i}{N \sum_{i=1}^N X_i^2 - (\sum_{i=1}^N X_i)^2} \quad (2-5)$$

$$\theta = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{N} = -b \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (2-6)$$

2. Distribusi Eksponensial

$$\text{Parameter } \mu = \beta \quad (2-7)$$

$$\text{Parameter } \sigma^2 = \beta^2 \quad (2-8)$$

3. Distribusi Normal

$$\text{Parameter } \mu = \text{rata-rata time to failure} \quad (2-9)$$

$$\text{Parameter } \sigma^2 = \text{Variansi time to failure} \quad (2-10)$$

4. Distribusi Lognormal

$$\text{Parameter } A(t_i) = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}} \quad (2-11)$$

$$\text{Parameter } \text{Var}(t_i) = e^{2\mu + \sigma^2} \cdot (e^{\sigma^2} - 1) \quad (2-12)$$

Dimana : $A(t_i)$ = rata-rata time to failure

$\text{Var}(t_i)$ = variansi time to failure

2.7.2 Distribusi keandalan

Dalam menghitung keandalan suatu mesin, ada beberapa distribusi yang digunakan sebagai dasar perhitungan, yaitu distribusi diskrit (*discrete distribution*) dan distribusi kontinu (*continue distribution*). Dalam distribusi diskrit yang sering dipakai antara lain : distribusi binomial dan distribusi *poisson*. Sedangkan distribusi kontinu yang dipakai antara lain distribusi *weibull*, normal, *lognormal* dan *eksponensial*.

1. Distribusi *Weibull*

Distribusi *Weibull* adalah distribusi empiris yang banyak digunakan dan hampir muncul pada semua karakteristik kegagalan dari mesin. Pada umumnya, distribusi ini digunakan pada komponen mekanik atau peralatan permesinan. Distribusi *Weibull* biasa digunakan dalam menganalisis suatu kerusakan yang tidak konstan. Menurut Rausand (2004 : 37) distribusi *weibull* adalah salah satu distribusi yang sering digunakan dalam analisa keandalan.

Dalam distribusi *weibull* dikenal 2 parameter yaitu parameter skala (*scale parameter*) atau λ yang menggambarkan sebaran data pada distribusi *weibull* dan parameter bentuk (*shape parameter*) atau β yang menggambarkan bentuk distribusinya. Rausand (2004 : 37) menyatakan fungsi *reliability* atau keandalan yang digunakan :

$$F(t) = 1 - e^{-(\lambda t)^\beta} \quad (2-13)$$

dan

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (2-14)$$

dengan lalu substitusikan persamaan (2-13) ke persamaan (2-14) akan mendapatkan

$$R(t) = 1 - (1 - e^{-(\lambda t)^\beta}) \quad (2-15)$$

sehingga didapatkan fungsi keandalan

$$R(t) = e^{-(\lambda t)^\beta} \quad (2-16)$$

2. Distribusi *Lognormal*

Distribusi *Lognormal* dikenal dua parameter yaitu yang merupakan parameter bentuk (*shape parameter*) atau σ dan parameter lokasi (*location parameter*) atau μ . Distribusi ini juga sering ditemui sehingga menyebabkan data yang sesuai dengan distribusi *weibull* juga sesuai dengan distribusi *Lognormal*. Ebellling (1997 : 76) dan Raussand (2004 : 46) menyatakan fungsi *reliability* atau keandalan yang digunakan :

$$f(t) = \int_0^t \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} e^{-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2-17)$$

dan

$$R(t) = 1 - f(t) \quad (2-18)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (2-17) ke persamaan (2-18) akan mendapatkan

$$R(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sqrt{2\pi} st} e^{-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2s^2}} \quad (2-19)$$

sehingga dapat disederhanakan menjadi

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right) \quad (2-20)$$

dimana

$\Phi(z)$: didapatkan dari tabel standarisasi distribusi normal dan lognormal

$$t_{med} = e^{\mu} \quad (2-21)$$

3. Distribusi Normal

Distribusi normal cocok digunakan dalam mendefinisikan fenomena kerusakan. Dalam distribusi ini dikenal dua parameter antara lain μ (rata - rata) dan σ (standar deviasi). Distribusi ini juga bisa digunakan untuk menganalisis suatu distribusi yang berdistribusi lognormal.

Menurut Rausand (2004 : 41) dan Ebellling (2007 : 71) fungsi *reliability* distribusi normal :

$$f(t) = \int_0^t \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2-22)$$

dan

$$R(t) = 1 - f(t) \quad (2-23)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (2-22) ke persamaan (2-23) akan mendapatkan

$$R(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2-24)$$

sehingga dapat disederhanakan menjadi

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (2-25)$$

dimana

$\Phi(z)$: didapatkan dari tabel standarisasi distribusi normal dan lognormal

4. Distribusi Eksponential

Distribusi ini digunakan untuk menghitung keandalan dari suatu distribusi kerusakan yang memiliki laju kerusakan yang konstan. Distribusi ini memiliki laju kerusakan yang konstan terhadap waktu.

Dalam distribusi ini hanya dikenal satu parameter yaitu λ yang menunjukkan rata-rata kerusakan yang terjadi. Menurut Rausand (2004 : 26) fungsi *reliability* distribusi *eksponensial* :

$$f(t) = \int_0^t \lambda e^{-\lambda} dt \quad (2-26)$$

dan

$$R(t) = 1 - f(t) \quad (2-27)$$

lalu substitusikan persamaan (2-26) ke persamaan (2-27)

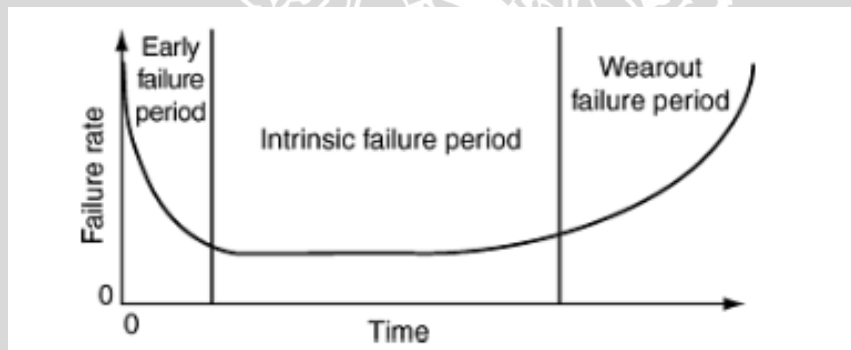
$$R(t) = 1 - \int_0^t \lambda e^{-\lambda} dt \quad (2-28)$$

sehingga didapatkan fungsi keandalan

$$R(t) = e^{-\lambda} \quad (2-29)$$

2.8 *Failure Rate* dalam *Bath-up Curve*

Keandalan adalah probabilitas mesin berfungsi baik pada selang waktu tertentu. Secara umum konsep keandalan dapat digambarkan dalam *Bathtub Curve* yang menjelaskan siklus hidup item/komponen.



Gambar 2.5 *Bathtub curve*

Sumber : *ASM Handbook volume 11 (2001)*

Di dalam Kurva bak mandi mempunyai 3 periode fase yaitu

a. *Infant Mortality*

Keadaan dimana hal ini terjadi pada fase awal pengoperasian suatu alat terlihat bahwa laju kerusakan terus menurun seiring bertambahnya waktu jam operasionalnya. Kerusakan yang mungkin terjadi pada fase ini diakibatkan oleh kesalahan instalasi, kesalahan desain, kesalahan komisioning dan kesalahan operator.

b. *Useful Life Time Zone*

Periode ini mempunyai laju kerusakan paling rendah dan konstan yang disebut *Constant Failure Rate* (CFR). Kerusakan yang terjadi bersifat random yang

dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Dalam analisis, tingkat keandalan sistem diasumsikan berada pada periode *Useful life time*, yang *failure rate*-nya konstan terhadap waktu. Asumsi ini digunakan karena pada periode *early life time*, tidak dapat ditentukan apakah sistem tersebut sudah bekerja sesuai dengan standar yang ditentukan atau belum. Sedangkan pada periode *wear out time*, tidak dapat diprediksi kapan akan terjadi *failure*.

c. *Wear-Out Periode*

Pada periode ini menunjukkan kenaikan laju kerusakan dengan bertambahnya waktu. Hal ini terjadi karena proses keausan peralatan, korosi dan umur lama operasional yang memungkinkan untuk terjadinya *failure*.

2.9 *Belt Conveyor*

Belt conveyor atau konveyor sabuk adalah alat pengangkut yang digunakan untuk memindahkan muatan dalam bentuk satuan atau tumpahan, dengan arah horizontal atau membentuk sudut kemiringan tanjakan dari suatu sistem operasi yang satu ke sistem operasi yang lain dalam suatu line proses produksi, yang menggunakan sabuk sebagai penghantar muatannya. *Belt Conveyor* pada dasarnya merupakan peralatan yang cukup sederhana. Alat tersebut terdiri dari sabuk yang tahan terhadap pengangkutan benda padat (*Apex Belting*, 1997).

Gerakan pada belt pengangkut batubara pada awal mulanya berasal dari *motor electric* yang berfungsi untuk merubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa putaran poros rotor motor electric. Energi mekanik yang berupa putaran tersebut diteruskan oleh *Fluid Coupling* ke *Gear Box* dengan menggunakan fluida minyak.

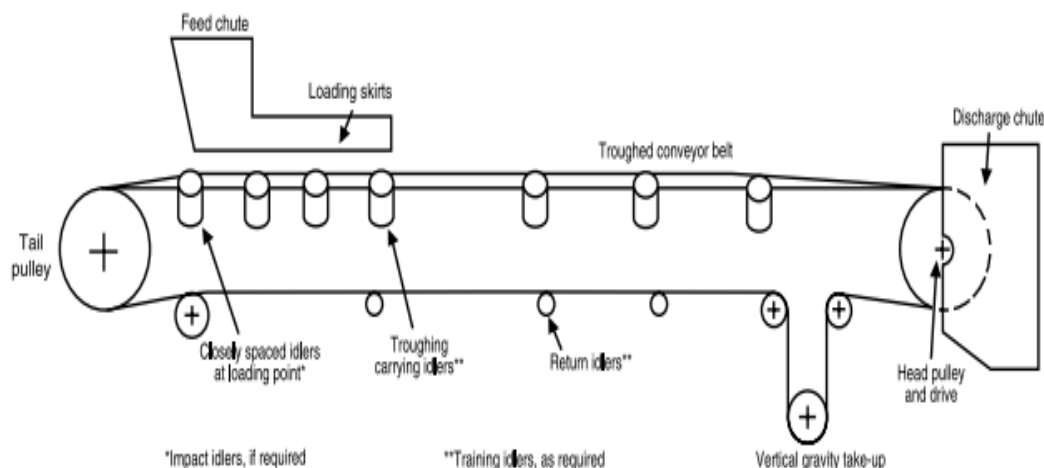
Putaran *Fluid Coupling* tersebut masih teramat tinggi untuk menggerakkan *Belt Conveyor*, maka diperlambat oleh *Reducer / Gear Box* menjadi lebih rendah dengan tujuan agar bisa digunakan untuk memutar *Drive Pulley* melalui kopling tetap yaitu *N-Eupex Coupling*.

Drive Pulley atau *Head Pulley* sendiri mempunyai fungsi memutar *Belt Conveyor*, sehingga dengan putaran *Drive Pulley* menjadikan *Belt Conveyor* berjalan dengan kecepatan sekitar 5,8 m/s. *Belt Conveyor* yang mempunyai lebar 30 inchi dan berjalan dengan kecepatan 5,8 m/s digunakan untuk mengangkut batubara dari sisi *Tail Pulley* ke sisi *Head Pulley* untuk dilanjutkan ke tempat yang lain.

Begitulah seterusnya *Belt Conveyor System* bekerja dengan bantuan peralatan pendukung lainnya untuk menjaga kelancaran dan keandalan operasinya.

2.9.1. Komponen-Komponen Utama Pada *Belt Conveyor*

Komponen-komponen utama *conveyor* sabuk dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.6 Konstruksi *belt conveyor*.
Sumber : *Bulk Conveyor*, CEMA.

2.9.2. *Belt*

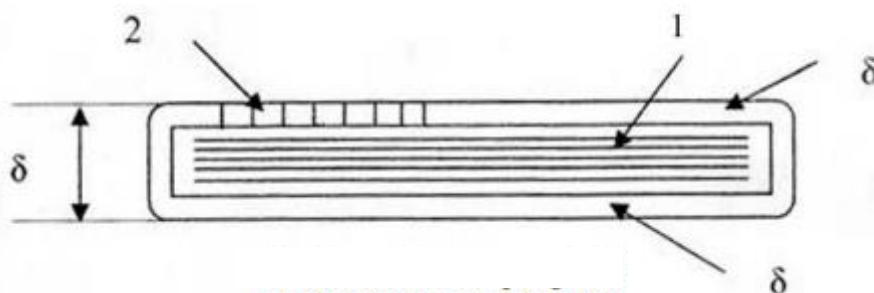
Belt terbuat dari bahan tekstil, baja lembaran atau tumpukan kawat baja. *Belt* yang terbuat dari tekstil berlapis karet paling banyak ditemukan dilapangan.

Syarat-syarat *belt*:

1. Tahan terhadap beban tarik.
2. Tahan beban kejut.
3. Perpanjangan spesifik rendah.
4. Harus fleksibel.
5. Tidak menyerap air.
6. Ringan.

Belt yang digunakan pada *belt conveyor* terdiri dari beberapa tipe seperti bulu unta, katun dan beberapa jenis *belt* tekstil berlapis karet. *Belt* harus memenuhi persyaratan, yaitu kemampuan menyerap air rendah, kekuatan tinggi, ringan, lentur, regangan kecil, ketahanan pemisahan lapisan yang tinggi dan umur pakai panjang. Untuk persyaratan tersebut, *belt* berlapis karet adalah yang terbaik. *Belt* tekstil berlapis karet terbuat dari beberapa lapisan yang dikenal dengan plies. Lapisan-lapisan tersebut dihubungkan dengan menggunakan (vulkanisasi) atau dengan karet alam maupun sintetis. *Belt* dilengkapi dengan cover karet untuk melindungi tekstil dari kerusakan-kerusakan.

Karena beberapa jenis material yang dibawa mempunyai sifat abrasif. Bentuk penampang *belt* diperlihatkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Penampang *belt*.

Sumber : *Bulk Conveyor*, CEMA.

Keterangan Gambar

- 1 : lapisan
- 2 : cover
- δb : tebal *belt*
- $\delta 1$: bagian yang dibebani
- $\delta 2$: bagian pembalik

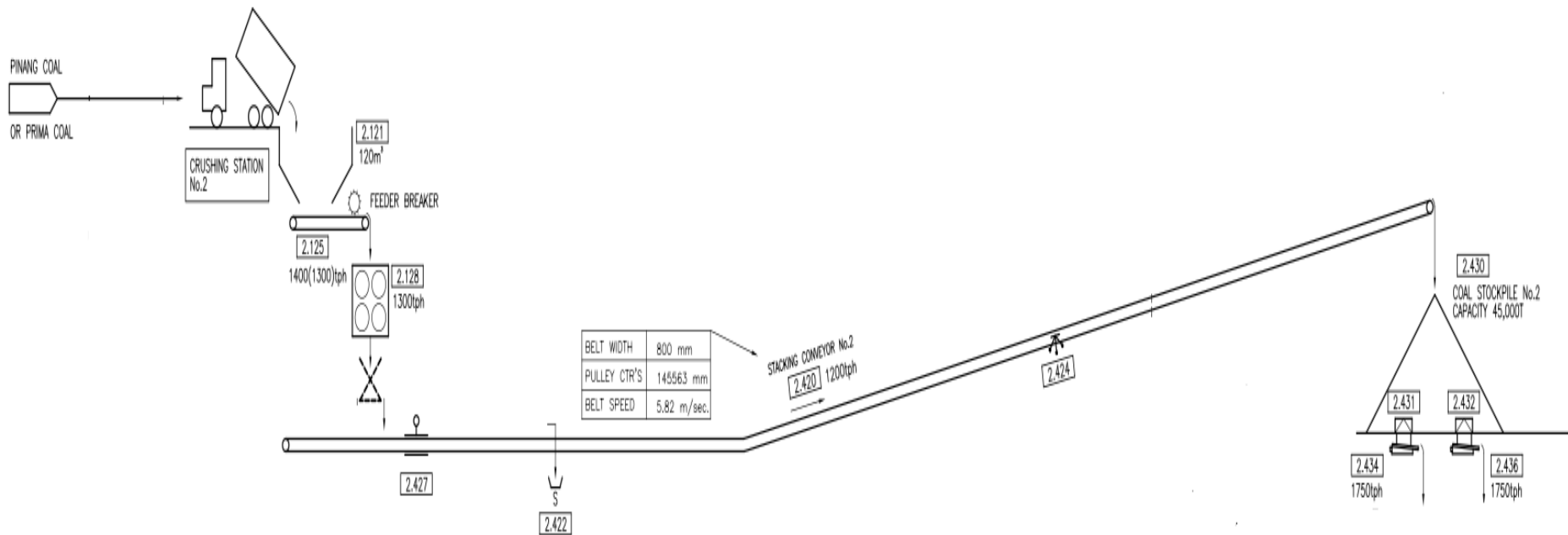
2.9.3 Conveyor Stacking 2

Metode yang digunakan oleh PT. Kaltim Prima Coal untuk melakukan penambangan adalah *Open Pit* Atau tambang terbuka. Sebelum batubara sampai kepada konsumen terdapat beberapa proses agar meningkatkan kualitas dari batubara tersebut salah satunya pemisahan batubara, yaitu batubara bersih dengan batubara kotor yang menjadi pembeda kedua jenis batubara ini adanya material (non batubara) yang masih ada di batubara seperti tanah ataupun material logam yang dilakukan oleh *Departement CPHD*. Dengan adanya perbedaan jenis batubara maka ada perlakuan khusus untuk batubara kotor. Berikut Tahapan Pengolahan batubara yang ada di CPP dan penjelasan mengenai *conveyor stacking2*.

Pertama adalah batu bara dari tambang diangkut menggunakan *dump truck* kemudian di *dumping* kedalam *Hopper* yang merupakan alat penampung batubara sebelum masuk kedalam mesin penghancur. Kemudian batubara akan terlebih dahulu masuk kedalam *feeder breaker* merupakan mesin pengumpan yang berfungsi untuk menghantarkan batubara kedalam *breaker* yang menghancurkan batu berukuran ≥ 200 mm menjadi ukuran ≤ 200 mm yang nantinya akan dihancurkan kembali oleh *crusher*

menjadi ukuran yang lebih kecil. Mesin Penghancur (*Crusher*) merupakan mesin penghancur kedua yang mengubah batubara menjadi bagian yang lebih kecil lagi yaitu ukuran ≤ 50 mm kemudian setelah dari tahapan itu batu bara di transfer menggunakan *conveyor stacking 2* sebagai penghantar material batubara.





Gambar 2.8 Conveyor Stacking 2

Sumber : Kaltim Prima Coal

• **Conveyor specification:**

B	=	Lebar Belt	=	800 mm	=	30 in	S _i	=	Jarak antar idler	=	5 ft
W _b	=	Berat Belt	=	6 lbs/ft	L	=	panjang Conveyor	=	145.563 m	=	477.56 ft
W _m	=	Berat material	=	34.91 lbs/ft ³	H	=	Ketinggian vertikal	=	32,151 m	=	105,482 ft
δ	=	sudut kemiringan	=	35°	V	=	Kecepatan Conveyor	=	5.82 m/s	=	1145.55 fpm
Q	=	Kapasitas coveyor	=	1200 tph	Material Density	=	800 kg/m ³	=	50 lbs/ft ³		

2.9.4 Komponen Pendukung Conveyor

a. Chute

Chute berfungsi sebagai jalan atau corong pengarah batubara setelah dihancurkan oleh *crusher* kemudian ke *breaker* dan selanjutnya ke *Conveyor* agar batubara tidak terhambur keluar dibuat lah *chute* sebagai *equipment* pembantu sebagai *transfer point* tersebut.



Gambar 2.9 *Chute*
Sumber : PT. KPC

b. Skirtboard

Skirtboard berfungsi sebagai pengarah batubara setelah dari *Chute* agar batubara tidak terhambur keluar, sehingga tetap pada jalur *belt*. Alat ini juga berfungsi sebagai penahan *belt* agar tidak terangkat keatas pada saat star awal.



Gambar 2.10 *Skirtboard*
Sumber : PT. KPC

c. *Motor Drives Electric*

Motor adalah suatu alat yang dapat merubah energi listrik menjadi energi mekanik. Berfungsi sebagai penggerak *belt* yang dihubungkan oleh poros kemudian masuk ke *gear box* sebagai *reducer* untuk putaran tinggi sebelum menggerakkan head pulley yang membawa material pada *conveyor*.



Gambar 2.11 *Electric motor*
Sumber : PT. KPC

d. *Head pulley*

Head pulley merupakan bagian dari penggerak *belt conveyor* yang menggunakan motor listrik.



Gambar 2.12 *Head pulley*
Sumber : PT. KPC

e. *Tail pulley*

Tail pulley merupakan bagian dari penggerak *belt conveyor* namun tidak menggunakan motor listrik tempatnya berada pada bawah dari sistem *belt conveyor* tersebut.



Gambar 2.13 *Tail pulley*

Sumber : PT. KPC

f. *Plow*

Plow berfungsi membersihkan batubara yang menempel pada *return-belt* dan melindungi pada *tail pulley*.



Gambar 2.14 *Plow*

Sumber : PT. KPC

g. *Idlers*

Belt disangga oleh *idler*. Jenis *idler* yang digunakan kebanyakan adalah *roller idler*. Berdasarkan lokasi *idler* di *conveyor*, dapat dibedakan menjadi *idler atas* dan *idler bawah*. Gambar susunan *idler atas* dapat dilihat pada Gambar 2.14. Sudut antara *idler bawah* dan *idler atas* dapat divariasikan sesuai keperluan

Gambar 2.15 *Idlers*

Sumber : PT. KPC

Idler atas menyangga *belt* yang membawa beban *Idler atas* bisa merupakan *idler tunggal* atau tiga *idler*. Sedangkan untuk *idler bawah* digunakan *idler tunggal*.

Idler dibuat sedemikian rupa sehingga mudah untuk dibongkar pasang. Ini dimaksudkan untuk memudahkan perawatan. Jika salah satu komponen *idler* rusak, dapat dilakukan penggantian secara cepat.

Diameter (D) *idler* tergantung pada lebar *belt* (B) yang disangganya. Hubungan antara lebar *belt* dengan diameter *idler* dapat dilihat pada Tabel 2.8

Tabel 2.8 Hubungan antara Diameter *roller Idler* dengan Lebar *Belt*

(D) Roller diameter (mm)	(B) Belt width (mm)
108	400 to 800
159	800 to 1600
194	1600 to 2000

Sumber: Sularso, 1987

2.10 Hipotesis

Dengan menggunakan metode RCM diharapkan dapat terwujud sebagai berikut:

1. Komponen-komponen kritis pada unit mesin *conveyor stacking* 2 dapat teridentifikasi.

2. Dapat menentukan interval waktu perbaikan komponen kritis yang sering mengalami kerusakan.
3. Dapat merekomendasikan jenis tindakan/aktivitas pemeliharaan (*maintenance task*) yang dilakukan pada setiap komponen-komponen mesin *conveyor stacking 2* dan meningkatkan kehandlan tiap komponen.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Pengumpulan Data

1. Penelitian ini dilakukan di PT Kaltim Prima Coal. Yang berlokasi di Sanggata, Provinsi Kalimantan Timur. Peningkatan perawatan komponen Motor *Conveyor* 02 dengan variasi jam kerja dengan tipe motor *conveyor* Siemens yang berlokasi Sangatta.

2. Data yang diperlukan:

a. Data Primer

Sumber data yang diperoleh langsung dari sumber asli (tidak melalui media perantara). Data primer dapat berupa opini subjek (orang) secara individual atau kelompok, hasil observasi terhadap suatu benda (fisik), kejadian atau kegiatan dan hasil pengujian. Metode yang digunakan untuk mendapatkan data primer yaitu Observasi atau Studi Lapangan Yaitu mengadakan pengamatan terhadap obyek yang diteliti

b. Data Sekunder

Sumber data penelitian yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantar (diperoleh dan dicatat oleh pihak lain). Data sekunder umumnya berupa bukti, catatan atau laporan historis yang telah tersusun dalam arsip (data dokumenter) yang dipublikasikan dan yang tidak dipublikasikan. Berupa data-data pendukung yang diperlukan dalam penelitian ini yang tidak didapat secara langsung dari sumber pertama.

- Data mesin *critical unit*
- Data komponen mesin kritis *belt conveyor*
- Data kerusakan *belt conveyor*
- Data waktu antar kerusakan *belt conveyor*

3.2 Tahap Pengolahan Data

Menentukan komponen kritis berdasarkan data pada mesin yang mengalami *downtime* dengan frekuensi yang terbesar. Ada beberapa langkah dalam tahap ini yaitu:

a. Memilih sistem dan melakukan pengamatan terhadap cara kerja sistem terpilih untuk pengumpulan informasi.

- b. Mendefinisikan batasan sistem
- c. Mendeskripsikan sistem secara detail dengan *Functional Block Diagram* (FBD).
- d. Mengidentifikasi fungsi sistem dan kegagalan fungsi.
- e. Melakukan *Failure Mode & Effect Analysis* (FMEA).
- f. Menentukan nilai RPN
- g. Pemilihan tindakan.
- h. Penentuan distribusi

Penentuan distribusi waktu antar kerusakan dan distribusi waktu antar perbaikan. Hal ini dapat dilakukan untuk melihat kecenderungan dari data waktu antar kerusakan mesin tersebut apakah menggunakan distribusi *Weibull*, eksponensial, atau lognormal.
- i. Setelah itu dilakukan perhitungan untuk memperoleh nilai MTTF
- j. Menghitung nilai *Reliability* saat ini untuk setiap komponen *belt conveyor*
- k. Menentukan interval waktu pemeliharaan yang tepat dengan nilai *reliability* yang diinginkan oleh perusahaan yaitu 90%
- l. Menentukan Interval Perawatan

Diperlukan parameter distribusi selang waktu kerusakan yang sesuai dari tiap komponen unit *belt conveyor* agar interval perawatan pada tiap komponen dapat dilakukan secara optimal

3.3 Variabel Penelitian

Variabel merupakan bagian penelitian dengan cara menentukan variabel yang ada dalam penelitian tersebut. Variabel-variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya di tentukan oleh peneliti. Variabel ini menjadi sebab atau timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah data kerusakan *Belt Conveyor*

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas dan diketahui setelah penelitian dilakukan. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah keandalan suatu alat

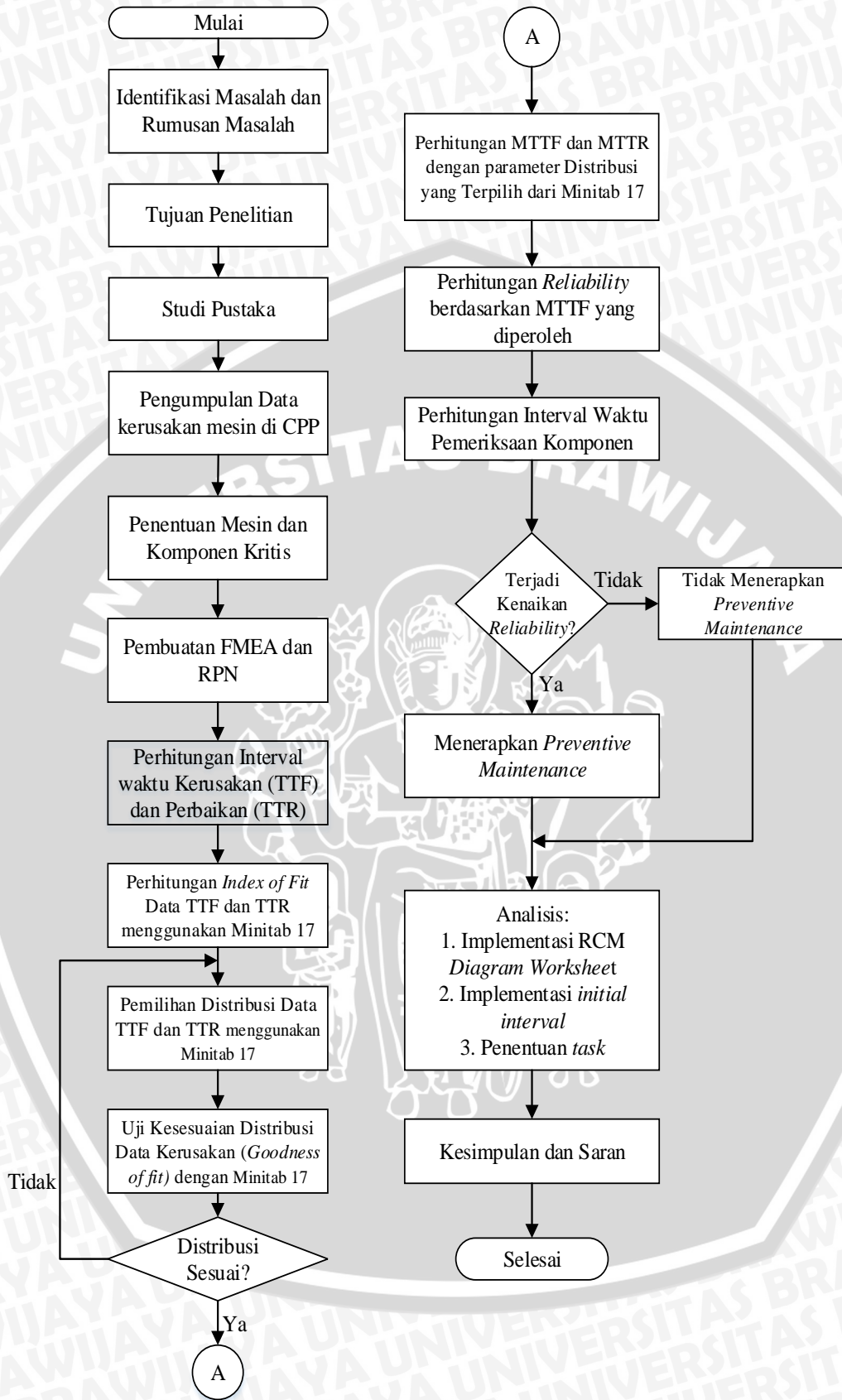
3. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah yang nilainya ditentukan oleh peneliti dan dibuat konstan. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah karakteristik kondisi kerja *Belt Conveyor*

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penerapan RCM pada Penelitian ini

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Studi Pendahuluan

Pada bab ini akan dilakukan pengumpulan dan pengolahan data yang diperoleh dari PT. Kaltim Prima Coal. Data tersebut yang akan dijadikan sebagai objek untuk uji coba pada penelitian ini, berikut analisa terhadap hasil yang diperoleh mengenai keandalan komponen. Dalam penelitian ini mesin yang diteliti dan yang akan diterapkan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah mesin *Conveyor Stacking 2* yang berada di PT. Kaltim Prima Coal (KPC). Ini didasari karena memiliki tingkat kritis yang tinggi atau sering terjadi kerusakan dan mengakibatkan berhentinya proses produksi yang cukup lama. Namun sebelum itu kita perlu melakukan analisa secara keseluruhan Mesin di *Coal Processing and Plant* Untuk mengetahui mesin mana yang paling kritis dan sering terjadi *failure* dan mengacu pada permintaan perusahaan. Mesin *Conveyor Stacking 2* merupakan mesin yang sering mengalami kerusakan di PT. KPC Seperti pada tahun 2010 sampai tahun 2015 dari data MPI mesin yang berada ditingkat kedua adalah mesin *conveyor*. Data itu adalah sebagai berikut

Tabel 4.1 Data MPI tertinggi di perusahaan Kaltim Prima Coal

EQUIP. NO.	Equipment	SCR	OCR	ACR	AFPF	MPI
2.138	Crusher#1	4.25	10	42.5	10	425
2.420	Conveyor Stacking #2	4.25	10	42.5	10	425
2.154	Vibrating Feeder #6	4.25	10	42.5	10	425
2.125	Feeder breaker #2	4.25	10	42.5	10	425
2.434	Vibrating Feeder#4	4.25	10	42.5	10	425
2.436	Vibrating Feeder#5	4.25	10	42.5	10	425
2.645	Feeder Breaker#3	4.25	10	42.5	10	425
2.660	Transfer Conv #2	4.25	10	42.5	10	425
9.580	Sampler	3.25	2	6.5	10	65
2.400	Prima Conveyor	5.25	10	52.5	1	52.5

Sumber: PT. KPC

Keterangan: SCR – *System Criticality Ranking*

OCR – *Operational Criticality Ranking*

ACR – *Asset Criticality Ranking*

AFPF – *Asset Failure Probability Factor*

MPI – *Maintenance Priority Index*

Dari tabel 4.1 dapat diketahui bahwa mesin mana yang termasuk paling kritis karena sering terjadi kegagalan yang mengakibatkan penundaan jam produksi di PT.KPC. Sehingga perlu dilakukan tindakan yang tepat untuk mengatasi kegagalan disetiap komponennya melalui metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Adapun data yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian membuat desain *maintenance* kali ini adalah Data tentang komponen, seperti data antar waktu kerusakan, data lama perbaikan, jumlah mesin komponen serta umur pemakaiannya (populasi mesin / komponen).

4.2 Identifikasi Kerusakan dan pemilihan komponen kritis

Pada tahapan selanjutnya kita sudah mendapatkan stream mesin mana yang akan kita pilih sebagai objek observasi penelitian di PT. KPC, yang selanjutnya akan kita urutkan menurut kegagalan ditiap mesinnya mana saja yang memiliki *failure rate* paling tinggi di *stream Conveyor Stacking 2*. Maka akan dianalisis untuk mendapatkan komponen mana yang paling kritis. Tidak semua komponen yang dianalisis untuk kebijakan perawatan yang baik. Oleh karena itu dipilih beberapa komponen yang mempunyai prioritas penanganan terlebih dahulu. Pemilihan komponen tersebut didasarkan beberapa hal, antara lain :

1. Frekuensi kegagalan dari setiap komponen yang dialami komponen
2. Data Jarak antar kegagalan komponen dan waktu *Downtime* yang mempengaruhi berhentinya produksi

Tabel 4.2 Data kerusakan tertinggi di *Conveyor Stacking 2*

<i>Equipment Code</i>	<i>Delay_Code</i>	<i>Description (Delayed Code)</i>	<i>Delayed time t * f</i>
2.420	847	<i>Belt tracking</i>	15454.60002
2.420	899	<i>Rollers and Idler</i>	2022.999993
2.125	899	<i>Feeder breaker</i>	672.4999962
2.420	843	<i>Pulley</i>	775.0000104
2.645	827	<i>Drive Underspeed</i>	558.000005
2.128	828	<i>Oil Pressure</i>	554.6000113
2.128	899	<i>Other Mtce</i>	431.9999976
2.420	835	<i>Skirt Board Adjustment</i>	297.6000023
2.420	899	<i>Shaft</i>	272.0000003
2.128	822	<i>Thermal Overload</i>	192.0000036

Dari tabel 4.2 kita dapat mengetahui masalah apa saja sering terjadi pada *Stream* tersebut yaitu *belt tracking*. *Belt tracking* sendiri berada pada *Conveyor Stacking 2* yang sering mengakibatkan terhentinya proses produksi di instalasi tersebut. Kita akan membahas cara untuk mengatasi kegagalan dan komponen-komponen mana saja yang terpengaruh langsung oleh kegagalan *belt tracking* di *stacking 2* tersebut.

4.3 Pengumpulan Data

Setelah menetapkan mesin dan komponen mana saja yang akan kita teliti, tahap selanjutnya untuk melakukan penelitian ini adalah mengumpulkan data yang meliputi jarak waktu antar kerusakan dan lama perbaikan dari sistem yang akan kita teliti. Hal ini dilakukan untuk perhitungan lebih lanjut sesuai dari tahapan penerapan sistem rcn tersebut.

Tabel 4.3 Data Waktu antar Kerusakan (TF) dan Waktu Lama Perbaikan (TR) Komponen *Belt Conveyor* dari Januari 2010-Desember 2014 dalam Satuan Jam

<i>Belt Conveyor</i>		<i>Idler</i>		<i>Pulley</i>		<i>Skirtboard</i>		<i>Shaft</i>	
TF	TR	TF	TR	TF	TR	TF	TR	TF	TR
0	0.20	0	0.40	0	1.00	0	0.5	0	12
792.00	0.30	624.00	0.30	3336.00	0.10	3024.00	0.5	1056.00	6.4
48.00	0.10	504.00	0.30	3696.00	6.6	10488.00	0.4	2496.00	0.20
12.00	0.90	4488.00	0.4	264.00	12	1584.00	0.5	4080.00	12
24.00	0.90	96.00	0.8	2520.00	10.2	2712.00	0.6	10992.00	1.6
168.00	0.20	1008.00	0.2	24.00	12	864.00	0.8	4440.00	6.4
12.00	0.20	600.00	0.3	96.00	11.2	160.00	0.3	10824.00	0.20
360.00	0.80	3576.00	0.2	1896.00	7.7	864.00	0.70	6288.00	12
72.00	0.20	192.00	0.3	2448.00	3.1	1200.00	0.9		
12.00	0.70	768.00	0.3	3456.00	10.2	48.00	0.70		
12.00	0.60	160.00	0.3	1008.00	12	15048.00	0.3		
12.00	0.20	936.00	0.1	24.00	6.5	336.00	0.3		
24.00	1.00	432.00	0.3	11112.00	12				
24.00	0.30	696.00	0.4	864.00	0.1				
24.00	0.20	1680.00	0.2	3480.00	0.20				
24.00	0.30	1224.00	0.5						
12.00	0.60	1056.00	0.4						
12.00	0.20	2472.00	0.5						
48.00	0.30	48.00	3.6						
12.00	0.10	2928.00	0.5						
72.00	0.40	1992.00	0.2						

Lanjutan Tabel 4.3

<i>Belt Conveyor</i>		<i>Idler</i>		<i>Pulley</i>		<i>Skirtboard</i>		<i>Shaft</i>	
TF	TR	TF	TR	TF	TR	TF	TR	TF	TR
24.00	0.20	48.00	0.2						
12.00	0.10	168.00	0.6						
120.00	0.40	1368.00	0.2						
48.00	0.20	528.00	0.2						
12.00	0.10	6456.00	0.40						
72.00	0.10	7296.00	0.8						
24.00	0.10	24.00	1						
24.00	0.20	3048.00	0.8						
72.00	0.20	120.00	0.2						
96.00	0.50								
24.00	0.80								
24.00	0.50								
72.00	0.40								
12.00	0.10								
144.00	0.30								
24.00	0.40								
24.00	0.70								

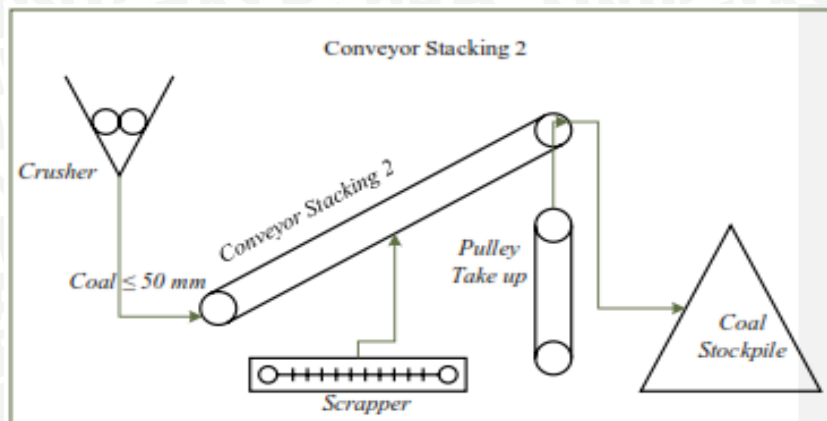
4.4 Pengolahan data

Berikut adalah langkah-langkah pengerjaan berdasarkan RCM dengan menggunakan data-data yang sudah diperoleh. Setelah dilakukan pengumpulan data maka tahap selanjutnya adalah menganalisis. Pada RCM terdapat 2 cara menganalisa secara kualitatif yang meliputi RPN, FMEA, Diagram *Decision Worksheet*; dan menganalisa secara kuantitatif yang meliputi uji distribusi, penentuan *interval* pemeliharaan, perhitungan MTFE dan MTTR.

Berikut adalah langkah-langkah pengerjaan berdasarkan RCM dengan menggunakan data-data yang sudah diperoleh.

4.4.1 Functional Block Diagram

Diagram ini digunakan untuk mendiskripsikan sistem kerja dari *Belt Conveyor*. Pembuatan *Functional Block Diagram* diharapkan dapat memudahkan pada saat mengidentifikasi kegagalan yang terjadi.



Gambar 4.1 *Functional Block Diagram Belt Conveyor*

Batu bara di *dumping* kedalam mesin penghancur atau *crusher* untuk kemudian diperkecil menjadi ukuran < 50 mm yang selanjutnya di transfer menggunakan *conveyor stacking 2* dan masuk kedalam *room stockpile*.

4.4.2 RPN (Risk Priority Number)

RPN adalah suatu parameter ukur untuk menentukan tindakan dan mengevaluasi yang sesuai dengan mode kegagalan. RPN digunakan oleh banyak konsultan sebagai acuan pembentukan prosedur FMEA untuk menaksir resiko menggunakan tiga kriteria berikut :

1. Dampak atau efek (*Severity*) S – Seberapa serius efek akhirnya
2. Penyebab kejadian (*Occurrence*) O – Bagaimana penyebab terjadi dan akibatnya dalam mode kegagalan
3. Deteksi penyebab (*Detection*) D – Bagaimana kegagalan atau penyebab dapat dideteksi sebelum mencapai pelanggan

Angka prioritas RPN merupakan hasil kali rating keparahan, kejadian, dan deteksi. Angka ini hanyalah menunjukkan rangking atau urutan defisiensi desain.

$$RPN = S \times O \times D$$

Kriteria penilaian yang dilakukan untuk mengisi nilai RPN dibuat melalui parameter yang ada mulai lamanya berhenti produksi dan lamanya waktu perbaikan dan serta persetujuan dan pertimbangan dari pihak Engineering dan pemeliharaan PT. Kaltim Prima Coal Departemen Coal Processing and plant. Berikut ini adalah contoh dari hasil penilaian RPN untuk equipment *Conveyor Stacking 2*. Pada tabel dibawah ini akan ditunjukkan mengenai penilaian yang ada berdasarkan parameter-parameter yang telah dibuat.

Tabel 4.4 Tabel *Risk Priority Index*

<i>Step</i>	<i>Input</i>	<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Detection</i>	RPN
<i>Conveyor Stacking 2</i>	<i>Belt Conveyor</i>	5	9	9	405
	<i>Idlers</i>	6	6	8	288
	<i>Pulley</i>	8	6	5	240
	<i>Skirt board</i>	6	7	5	210
	<i>Shaft</i>	6	5	6	180

Dari Tabel diatas dapat diketahui bahwa yang memiliki RPN paling tinggi adalah *belt conveyor* memiliki nilai RPN 405 dan yang paling rendah adalah shaft. Ini menunjukkan bahwa alat tersebut merupakan komponen paling kritis, tahap ini untuk mempermudah kita mengidentifikasinya dan lebih fokus kepada komponen-komponen kritisnya.

Dimana rating tiap-tiap factor RPN:

O : *Occurrence (probability)*

1 : *No effect*

2/3 : *Low (relatively few failures)*

4/5/6 : *Moderate (occasional failures)*

7/8 : *High (repeated failures)*

9/10 : *Very high (failure is almost inevitable)*

S : *Severity*

1 : *No effect*

2 : *Very minor (only noticed by discriminating customers)*

3 : *Minor (affects very little of the system, noticed by average customer)*

4/5/6 : *Moderate (most customers are annoyed)*

7/8 : *High (causes a loss of primary function; customers*

9/10 : *Very high and hazardous (the failure may result unsafe operation and possible injury) are dissatisfied)*

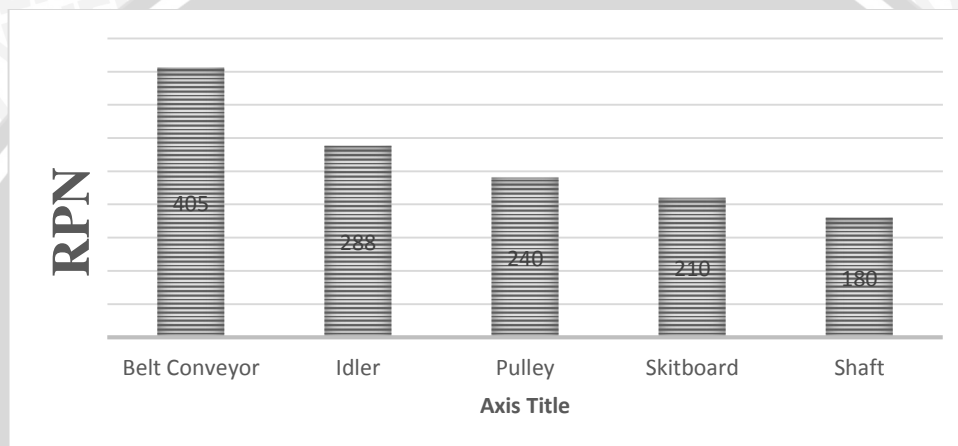
D : *Detection*

1 : *Almost certain*

2 : *High*

- 3 : Moderate
 4/5/6 : Moderate (most customers are annoyed)
 7/8 : Low
 9/10 : Very remote to absolute uncertainty

Tahap selanjutnya yaitu, setelah nilai Risk Priority Number (RPN) diperoleh kemudian merepresentasikan nilai RPN tersebut ke dalam diagram. Diagram tersebut akan membantu dalam memberikan gambaran kegagalan yang terjadi pada peralatan *Conveyor Stacking 2*.



Gambar 4.2 Diagram *Risk Priority Index (RPN)*
 Sumber: Pengolahan Data

Berdasarkan gambar 4.1 dapat diketahui bahwa mode kegagalan yang memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 405 adalah *belt conveyor* kemudian diurutkan secara berurutan adalah *idlers*, *pulley*, *skirtboard* dan *shaft*. Ke lima mode kegagalan ini memiliki nilai yang tinggi karena frekuensi dengan mode kegagalan seperti ini lebih tinggi dan efek yang ditimbulkan dapat mengakibatkan terhentinya sistem *conveyor* dan mengurangi kapasitas output produksi.

Untuk menentukan komponen kritis pada mesin *Conveyor Stacking 2* didasarkan pada kriteria Sering mengalami kerusakan Bila terjadi kerusakan maka dapat menyebabkan terhentinya proses produksi.

4.4.3 FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) digunakan sebagai langkah awal untuk melakukan studi terhadap keandalan. Terdiri dari beberapa tinjauan terhadap komponen- komponen, rakitan dan sub sistem yang kemudian diidentifikasi kemungkinan bentuk keagalannya, serta penyebab dan efek dari masing-masing kegagalan. Setelah mengetahui fungsi komponen dan kegagalan fungsi komponen *Conveyor Stacking 2*, selanjutnya adalah menyusun FMEA untuk mencari penyebab dan efek yang ditimbulkan dari kegagalan yang terjadi. Berikut ini adalah contoh dari analisa FMEA pada beberapa komponen *Conveyor Stacking 2* yang terdapat pada Tabel

Tabel 4.5 FMEA *Conveyor Stacking 2*

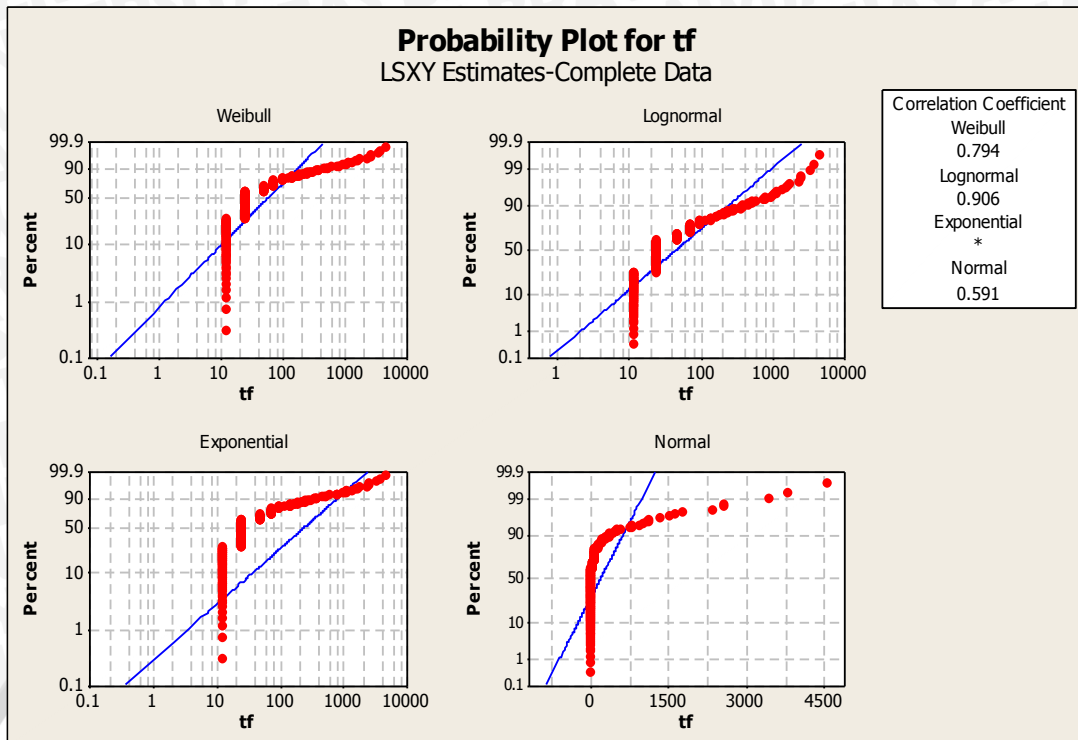
Unit: Stacking 2 Conveyor		Item or Component: conveyor				
Function	Functional Failure	Failure Mode	Failure Effect			
1	Conveyor Stacking 2 untuk membawa material batubara dari Crusher 2 yang telah melalui sizing ratio < 50mm untuk selanjutnya Di tempatkan stockpile pinang	A	Tidak dapat menghantarkan material Batubara sesuai tepat waktu dikarenakan delay produksi dari belt conveyor tersebut	A1	Terjadi Beltracking yang mengakibatkan belt drift dikarenakan belt tidak menyentuh pada bagian rollers secara sempurna	Dapat memberhentikan sistem conveyor yang membuat feeding batubara juga terhambat di crusher 2.
2				A2	Misalignment Rollers yang mengakibatkan belt tidak berada ditengah-tengah rollers	Terjadinya Flaping di belt yang bisa membuat sistem conveyor mati dan batubara tumpah.
3				A3	Pembebanan pada pulley yang dapat membuat shaft patah karena belt berada pada salah satu sisi saja.	Memungkinkan terjadinya shaft patah karena beban untuk menarik belt sangat berat.
4				A4	Skirtboard mengelupas membuat belt semakin menipis	Membuat belt putus dan berhentinya keseluruhan dari sistem conveyor tersebut. Dan membutuhkan splicing belt yang cukup lama.
5				A5	Misalignment Shaft motor electric	Membuat Shaft patah yang membuat operasi stacking 2 terhenti cukup lama

4.4.4 Penentuan distribusi Waktu Antar Kerusakan

Analisis reliabilitas berkaitan erat dengan distribusi yang mendasari data. Awal analisis reliabilitas adalah menentukan distribusi yang mendasari data. Untuk menentukan distribusi didapat melalui data antar kerusakan sehingga diperoleh selisih jarak waktu tiap kerusakan.

Pada tahapan selanjutnya adalah melakukan analisis uji kesesuaian (*goodness of fit test*) untuk menentukan kecenderungan data dimana memiliki 2 parameter yang akan memperkuat dalam penetapan distribusi tersebut yaitu Anderson darling dan *Correlation Coefficient*. Suatu data dikatakan mengikuti distribusi tertentu Apabila nilai statistik Anderson darling semakin kecil. Diantara distribusi yang lain mana yang merupakan distribusi dari data tersebut.

Setelah melakukan analisis data akan diperoleh nilai index of fit berdasarkan nilai Anderson Darling dan *Correlation Coefficient* (r) pada data TF Semakin kecil nilai parameter *index of fit* Anderson Darling maka nilai *Correlation Coefficient* nya juga semakin besar (kedua parameter tersebut selalu berkaitan), maka distribusi tersebut adalah yang paling sesuai. Jika persebaran titik yang dihasilkan semakin mendekati garis lurus maka nilainya akan semakin kecil begitu sebaliknya jika persebaran titik semakin jauh dari garis lurus maka nilainya akan semakin besar. Oleh karena itu dari perhitungan dipilih nilai koefisien korelasi yang tinggi. Nilai koefisien korelasi yang tinggi memiliki persebaran titik yang mendekati distribusi. Berikut ini adalah contoh hasil pengujian distribusi dari data waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan untuk komponen *Belt Conveyor*.



Gambar 4.3 Penentuan Distribusi waktu antar kerusakan pada *Belt Conveyor*.

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa *probability plot* pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa keempat *plot* data yang mendekati *fitted line* (*cumulative distribution function*) adalah distribusi lognormal. Hal ini dapat dijelaskan dengan nilai pada *belt conveyor* bahwa *correlation Coefficient* terbesar adalah lognormal. Hal ini juga dapat dikenal sebagai *index of fit* yaitu untuk mencari kesesuaian data dengan pola masing-masing distribusi.

Dapat disimpulkan bahwa distribusi yang tepat untuk komponen *Belt Conveyor*, yaitu distribusi lognormal maka akan diketahui parameter yang dapat digunakan untuk menghitung nilai MTTF. Karena disetiap distribusinya memiliki parameter yang berbeda-beda untuk menghitung nilai dari MTTFnnya. Contoh perhitungan parameter distribusi untuk komponen *belt conveyor*

Setelah diketahui jenis distribusi untuk data *time to failure* komponen *belt conveyor* maka akan dihitung parameter untuk *time to failure* komponen tersebut. Komponen *belt conveyor* berdistribusi lognormal sehingga mempunyai 2 parameter yaitu parameter lokasi μ dan parameter bentuk σ . μ adalah rata-rata *time to failure* ($A(t_i)$) komponen sebesar 199.28 jam dan σ^2 adalah variansi data ($Var(t_i)$) *time to failure* komponen sebesar 324625.03. Perhitungan parameter *time to failure* distribusi lognormal adalah sebagai berikut :

- Mencari μ (rata-rata *time to failure* ($A(t_i)$))

$$A(t_i) = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$$

$$199.28 = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}$$

$$\ln 199.28 = \mu + \frac{\sigma^2}{2}$$

$$\mu = 5.294 - \frac{\sigma^2}{2} \quad (\text{lalu substitusikan pada nilai } \mu \text{ yang ada pada } \text{Var}(t_i))$$

- Mencari nilai σ^2 (variansi data ($\text{Var}(t_i)$) *time to failure*)

$$\text{Var}(t_i) = e^{2\mu + \sigma^2} x (e^{\sigma^2} - 1)$$

$$324625.03 = e^{2(5.294 - \frac{\sigma^2}{2}) + \sigma^2} x (e^{\sigma^2} - 1)$$

$$324625.03 = e^{10.589} x (e^{\sigma^2} - 1)$$

$$324625.03 = 39712.65 x (e^{\sigma^2} - 1)$$

$$8.174 = (e^{\sigma^2} - 1)$$

$$e^{\sigma^2} = 9.174$$

$$\sigma^2 = \ln 9.174$$

$$\sigma^2 = 2.2164$$

$$\sigma = s = 1.488$$

(Sebagai parameter bentuk)

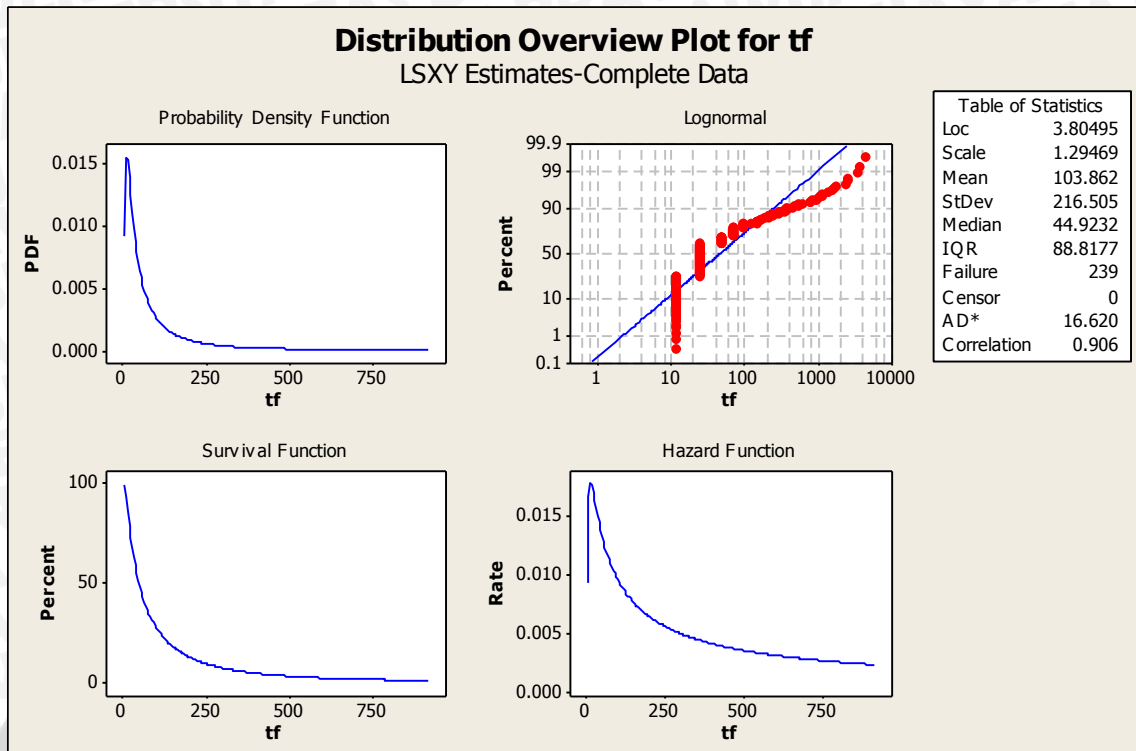
- Setelah diketahui nilai s nya maka dapat diketahui untuk memperoleh nilai dari

$$\mu = 5.294 - \frac{2.2164}{2}$$

$$\mu = 4.1865$$

$$T_{\text{med}} = 44,923$$

Perhitungan diatas merupakan contoh pembuktian mencari parameter distribusi secara manual, untuk membandingkan parameter yang diperoleh secara manual dengan parameter yang diperoleh dari hasil minitab. Perhitungan ini dapat dilakukan jika data yang diolah dalam jumlah yang kecil, oleh sebab itu dalam penelitian ini menggunakan *software* minitab untuk membantu dalam pengerjaan pengolahan datanya yang berskala besar.



Gambar 4.4 Hasil Distribusi Komponen *belt conveyor*

Dari gambar diatas komponen *belt conveyor* berdistribusi weibull memiliki 2 parameter yaitu $T_{med} = 44,923$ dan shape (s) = 1.294. Nilai *shape* menunjukkan bentuk atau pola dari beberapa fungsi probabilitas seperti *probability density function*, *reliability function*, dan *hazard function*

Hasil distribusi dan parameter untuk setiap komponen *conveyor lainnya* adalah sebagai berikut

Tabel 4.6 Distribusi dan Parameter data waktu antar kerusakan

Nama Komponen	Jenis Distribusi	Parameter			
		β	θ	s	t_{med}
<i>Belt Conveyor</i>	Lognormal			1.29469	44.9232
<i>Idler</i>	Weibull	0.796019	1329.68		
<i>Pulley</i>	Weibull	0.612878	2163.87		
<i>Skitboard</i>	Weibull	0.668906	2531.31		
<i>Shaft Electric Motor</i>	Weibull	1.31394	6581.89		

Dari asumsi awal yang didapatkan adalah bahwa distribusi yang didapatkan terdiri dari 2 jenis distribusi terdiri dari weibull dan lognormal. Dimana terlihat bahwa masing-masing dari distribusi memiliki parameter yang berbeda. Pada penelitian ini didominasi oleh distribusi weibull.

4.4.5 Perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF)

Perhitungan ini merupakan tahap selanjutnya dari RCM berfungsi untuk mengetahui jarak waktu antar kerusakan. Yang merupakan lanjutan pengujian distribusi maka akan didapatkan parameter waktu antar kerusakan (*time to failure*) dan waktu lama perbaikan (*time to repair*). Parameter distribusi yang diperoleh akan digunakan untuk menentukan nilai *mean time to failure* (MTTF)).

Contoh perhitungan Komponen *pulley*

1. Komponen *Belt Conveyor*

$$MTTF = t_{med} \exp(s^2/2)$$

$$MTTF = 44.9232 \exp(1.29469^2/2)$$

$$MTTF = 103.862 \text{ (jam)}$$

Tabel 4.7 MTTF Komponen *Belt Conveyor*

Nama Komponen	MTTF
<i>Belt Conveyor</i>	103.862
<i>Idler</i>	1511.96
<i>Pulley</i>	3168.67
<i>Skitboard</i>	3353.14
<i>Shaft Electric Motor</i>	6066.05

Hasil dari perhitungan MTTF menunjukkan bahwa semakin besar nilai MTTF maka komponen tersebut memiliki rentang waktu kerusakan yang lama. Sebaliknya jika semakin kecil nilai MTTF memiliki rentang waktu komponen untuk mengalami kerusakan yang cepat.

Dari hasil pengujian distribusi data menunjukkan bahwa komponen yang memiliki nilai MTTF tertinggi adalah *Shaft Electric motor* sedangkan nilai MTTF terendah adalah *belt conveyor*. Jika nilai rata-rata waktu antar kerusakan rendah maka proses *transfer point* dapat segera dilakukan kembali dan produktivitas *belt conveyor* yang dihasilkan dapat memenuhi target, sehingga perusahaan tidak akan mengalami kerugian

4.5 Analisis Perhitungan *Reliability* pada mesin *Belt Conveyor*

Perhitungan ini dimaksudkan untuk mengukur keandalan dari setiap komponen. Perhitungan *reliability* tergantung dari bentuk distribusi komponen. Perhitungan *reliability* untuk setiap komponen kritis mesin *Conveyor Stacking 2* adalah sebagai berikut :

1. Komponen *belt conveyor*

Bentuk distribusi dari komponen *belt conveyor* adalah lognormal, maka dari itu untuk mengetahui keandalan komponen *belt conveyor* saat ini digunakan rumus keandalan untuk distribusi lognormal. Sehingga perhitungan keandalannya menjadi sebagai berikut:

$$R(t) = 1 - \Phi (\ln(t/t_{med})/s)$$

Keterangan: $R(t)$ = keandalan mesin saat t (%)

T_{med} = nilai median

s = parameter skala

$$R(t) = 1 - \Phi (\ln(t/t_{med})/s)$$

$$R(t) = 1 - (\Phi (1/1,29469) * (\ln(103.862/44.9232)))$$

$$R(t) = 0.2611$$

$$R(t) = 26.11\%$$

Jadi untuk tingkat keandalan dari hasil pengukurannya terhadap komponen *belt conveyor* adalah 26.11%. Untuk *reliability* yang diharapkan dari perusahaan agar dapat mencapai 90% pada komponen *belt conveyor*, interval pemeliharannya yang digunakan harus seperti perhitungan pada tabel.

Tabel 4.8 Perhitungan keandalan *belt conveyor*

t	R(t)	R(t) %
5	0.955	95.5
10	0.88	88
15	0.8	80

Reliability (keandalan) komponen *belt conveyor* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 88% meningkat sebesar 61.89 % dari nilai *reliability* saat ini yaitu 26.11%. Oleh karena itu setiap selang waktu $t = 10$ jam diusulkan untuk melakukan tindakan pemeliharaan. Tetapi dengan metode RCM kita juga dapat memilih tindakan yaitu melakukan *redesign* karena dengan waktu interval yang sangat sempit juga akan membuat biaya operasional tinggi.

2. Komponen *Idler*

Bentuk distribusi dari komponen *Idler* adalah weibull, maka dari itu untuk mengetahui keandalan komponen *Idler* saat ini digunakan rumus keandalan untuk distribusi weibull. Sehingga perhitungan keandalannya menjadi sebagai berikut:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{1511.96}{1329.68}\right)^{0.79602}}$$

$$R(t) = 0. (t) = 40.44 \%$$

Tingkat keandalan untuk komponen *Idler* saat ini sebesar 40.44 % Agar keandalan meningkatkan sebesar 90 % pada komponen *Idler*, interval pemeliharaan yang bisa digunakan oleh perusahaan yaitu

Tabel 4.9 Nilai Keandalan Komponen *Idler*

t	R(t)	R(t) %
48	0.971674	97.16735
96	0.944149	94.41494
144	0.917405	91.7405
192	0.891418	89.14181

Reliability (keandalan) komponen *Idler* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 89.14 % meningkat sebesar 48.70 % dari nilai *reliability* saat ini yaitu 40.44 %. Oleh karena itu setiap selang waktu $t = 192$ jam diusulkan untuk melakukan tindakan pemeliharaan.

3. Komponen *Pulley*

Bentuk distribusi dari komponen *Pulley* adalah weibull, maka dari itu untuk mengetahui keandalan komponen *Pulley* saat ini digunakan rumus keandalan untuk distribusi weibull. Sehingga perhitungan keandalannya menjadi sebagai berikut:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{3168.67}{2163.87}\right)^{0.6128}}$$

$$R(t) = 0.4075$$

$$R(t) = 40.75\%$$

Tingkat keandalan untuk komponen *Pulley* saat ini sebesar 40.75 %. Agar keandalan meningkatkan sebesar 90 % pada komponen *Pulley*, interval pemeliharaan yang bisa digunakan oleh perusahaan yaitu

Tabel 4.10 Perhitungan keandalan *Pulley*

t	R(t)	R(t) %
48	0.986497	98.64968
96	0.973176	97.3176
144	0.960035	96.00351
192	0.947072	94.70716
240	0.934283	93.42831
288	0.921667	92.16673
336	0.909222	90.92219

Reliability (keandalan) komponen *Pulley* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 90.92 % meningkat sebesar 50.17 % dari nilai *reliability* saat ini yaitu 40.75 %. Oleh karena itu setiap selang waktu $t = 336$ jam diusulkan untuk melakukan tindakan pemeliharaan.

4. Komponen *Skirtboard*

Bentuk distribusi dari komponen *Skirtboard* adalah weibull, maka dari itu untuk mengetahui keandalan komponen *Skirtboard* saat ini digunakan rumus keandalan untuk distribusi weibull. Sehingga perhitungan keandalannya menjadi sebagai berikut:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{33.53.14}{25531.31}\right)^{0.6689}}$$

$$R(t) = 0.4122$$

$$R(t) = 41.22 \%$$

Tingkat keandalan untuk komponen *Skirtboard* saat ini sebesar 41.22 %. Sedangkan perusahaan menginginkan tingkat keandalan sebesar 90 %. Oleh karena itu, untuk meningkatkan keandalan komponen *Skirtboard*, interval pemeliharaan yang bisa digunakan oleh perusahaan yaitu

Tabel 4.11 Perhitungan keandalan *Skirtboard*

t	R(t)	R(t) %
48	0.987396	98.7396
96	0.974951	97.49508
144	0.962662	96.26625
192	0.950529	95.0529
240	0.938549	93.85485
288	0.926719	92.6719

<i>Skirtboard</i>		
t	R(t)	R(t) %
336	0.915039	91.50387
384	0.903505	90.35055

Reliability (keandalan) komponen *Skirtboard* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 90.35 % meningkat sebesar 49.13 % dari nilai *reliability* saat ini yaitu 41.22 %. Oleh karena itu setiap selang waktu $t = 384$ jam diusulkan untuk melakukan tindakan pemeliharaan.

5. Komponen *Shaft*

Bentuk distribusi dari komponen *Shaft* adalah weibull, maka dari itu untuk mengetahui keandalan komponen *Shaft* saat ini digunakan rumus keandalan untuk distribusi weibull. Sehingga perhitungan keandalannya menjadi sebagai berikut:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{6066.05}{6581.89}\right)^{1.31394}}$$

$$R(t) = 0.2979$$

$$R(t) = 29.79\%$$

Tingkat keandalan untuk komponen *Shaft* saat ini sebesar 29.79%. Agar keandalan meningkatkan sebesar 90 % pada komponen *v belt*, interval pemeliharaan yang bisa digunakan oleh perusahaan yaitu

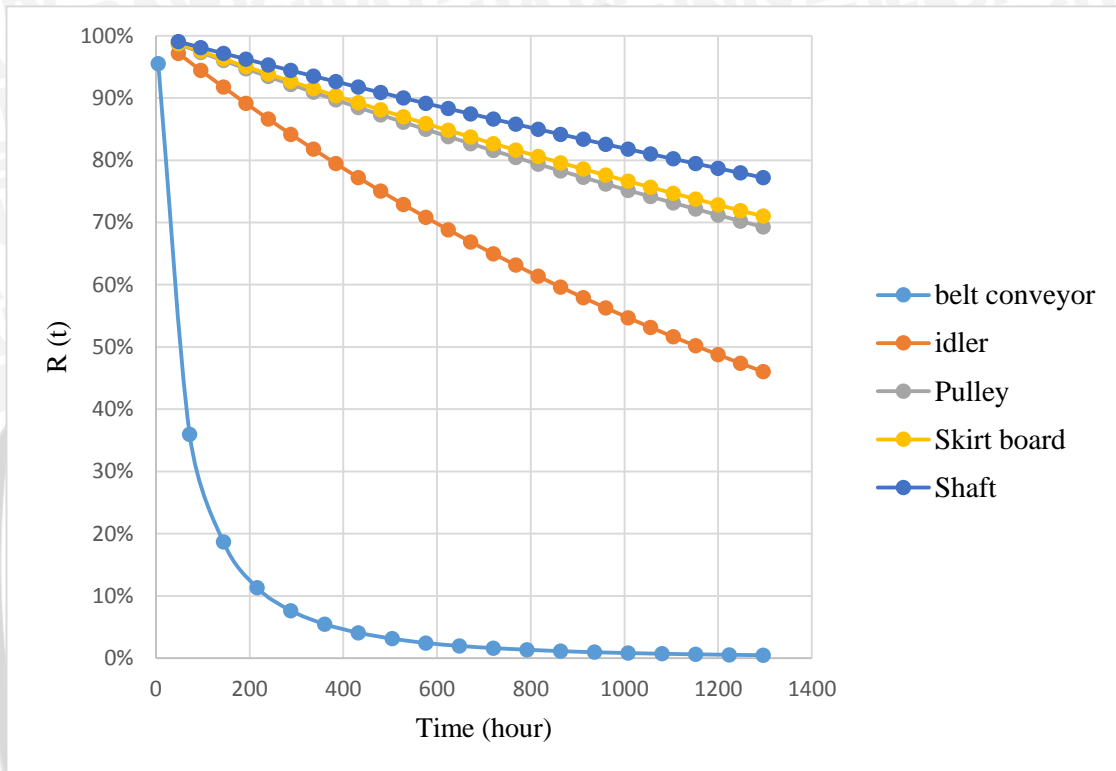
Tabel 4.12 Perhitungan keandalan *Shaft*

t	R(t)	R(t) %
48	0.990464	99.04635
96	0.981018	98.1018
144	0.971663	97.16626
192	0.962396	96.23964
240	0.953219	95.32185
288	0.944128	94.41282
336	0.935125	93.51246
384	0.926207	92.62068
432	0.917374	91.73741
480	0.908626	90.86256

Reliability (keandalan) komponen *Shaft* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 90.86 % meningkat sebesar 61.07 % dari nilai *reliability* saat ini

yaitu 29.79%. Oleh karena itu setiap selang waktu $t = 480$ jam diusulkan untuk melakukan tindakan pemeliharaan.

Hasil perhitungan nilai *reliability* untuk masing-masing komponen *Belt conveyor* dihitung dengan interval waktu tertentu kemudian digambarkan kedalam grafik *reliability*.



Gambar 4.5 Grafik *Reliability* Komponen Kritis Mesin *Belt conveyor* Terhadap Waktu

Hasil pengolahan dari data perhitungan *reliability* dapat ditunjukkan dari gambar 4.5 Dari gambar diatas menunjukan bahwa *reliability* komponen mesin *Belt conveyor* merupakan yang paling kecil ini dipengaruhi oleh interval waktu, semakin panjang interval waktu penggunaan komponen mesin *Belt conveyor* maka *reliability* dari komponen mesin *Belt conveyor* semakin menurun. Data yang diperoleh pada komponen yang lainnya juga membentuk grafik yang bahwa makin lama pemakaian keandalan suatu alat akan menurun. Dan grafik menunjukkan bahwa komponen belt memiliki nilai waktu yang lebih rendah daripada komponen *idler*, *pulley*, *skirtboard* dan *shaft*

4.6 RCM Decision Worksheet

Tabel 4.13 Decision Worksheet

Information Reference			Consequence Evaluation				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Default Action			Proposed Task	Initial Interval	Can be done by:
F	FF	FM	H	S	E	O	H4	H5	S4						
1	A	A1	N				N	N	N		Y		Lakukan redesign karena kapasitas <i>pulley</i> take up dan <i>belt</i> sudah tidak memadai	10 jam atau <i>redesign</i>	Engineer and Supervisor
	A	A2	Y	N	N	Y	N	N	Y				Lakukan On Condition Task	192 jam (weekly)	Mechanic
	A	A3	Y	N	N	Y	N	Y					Lakukan On Schedule Maintenance	336 jam (weekly)	Mechanic
	A	A4	N				N	N	N	Y			Lakukan On Schdule Maintenance	384 jam (weekly)	Engineer and Supervisor
	A	A5	Y	N	N	Y	N	N	Y				Lakukan On Condition Task	192 jam (weekly)	Mechanic

Pada *decision worksheet* ini akan ditentukan jenis kegiatan perawatan yang sesuai untuk setiap *failure modes* dari peralatan *Conveyor Stacking 2*, dimana pengisian *decision worksheet* dibantu dengan RCM *decision diagram*. Tindakan *proactive task* yang akan diberikan pada masing-masing bentuk kegagalan adalah secara teknis dan mudah dilakukan, dimana untuk mencapai kondisi tersebut terdapat beberapa persyaratan yang ada di dalam metode RCM. Setelah itu menentukan jenis perawatan yang tepat pada berbagai jenis kegagalan pada komponen-komponen *Conveyor Stacking 2*. Dalam penyusunan *task-task* tersebut juga melakukan brainstorming dengan supervisor engineering dan pemeliharaan (*maintenance*) yang berwenang diperusahaan.

4.7 Pembahasan

Setelah didapatkan *maintenance task* tiap komponen dari *decision worksheet* diperoleh tindakan pemeliharaan yang perlu dilakukan untuk setiap komponen kritis. Untuk penjelasannya adalah sebagai berikut :

a. Belt Conveyor

Pada komponen ini lebih cenderung untuk dilakukan *redesign* karena pada keadaan dilapangan untuk mencapai nilai *reliability* 88% diperlukan waktu *maintenance* setiap 10 jam sekali. Dan menurut data yang diperoleh bahwa kerusakan yang terjadi sangat sering sekali sehingga diperlukan tindakan lebih lanjut

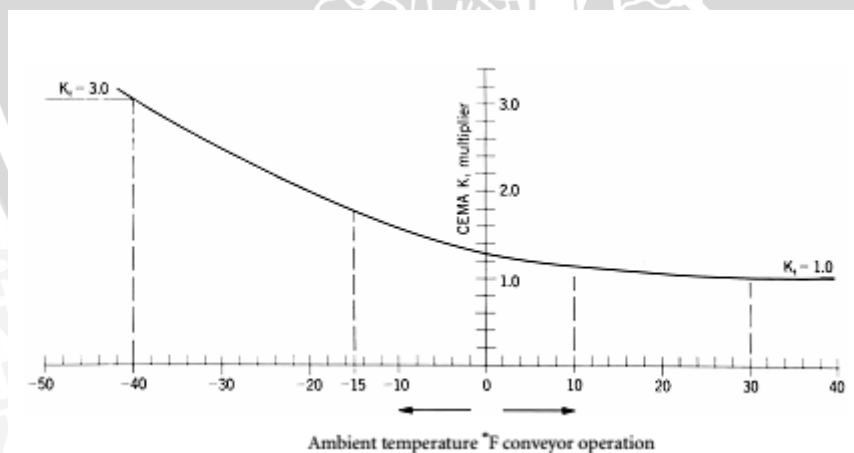
yaitu *redesign* dan diperkuat dari kerangka berfikir dari LTA RCM mengharuskan untuk kasus ini kepada tindakan *redesign*. Ini adalah pembuktian perhitungan *redesign* dari conveyor stacking 2

REDESIGN CONVEYOR STACKING 2

- **Conveyor specification:**

B	= Lebar Belt	= 800 mm	= 30 in
W_b	= Berat Belt	= 6 lbs/ft	
W_m	= Berat material	= 34.91 lbs/ft ³	
S_i	= Jarak antar idler	= 5 ft	
L	= panjang Conveyor	= 145.563 m	= 477.56 ft
H	= Ketinggian vertical	= 32,151 m	= 105,482 ft
δ	= sudut kemiringan	= 35°	
V	= Kecepatan Conveyor	= 5.82 m/s	= 1145. 55 fpm
Q	= Kapasitas conveyor	= 1200 tph	
θ	= Wrap drive pulley	= 220°	(tabel 6-8 CEMA)
C_w	= Faktor wrap lagged pulley	= 0.35	(tabel 6-8 CEMA)
A_I	= Tegangan belt dari pulley	= 1.8 lbs	
Material Size		= 50 mm	= 1.968 inch
Material Density		= 800 kg/m ³	= 50 lbs/ft ³

- **Menentukan faktor koreksi lingkungan (K_t)** (Figure 6.1 CEMA hal 89)



Semakin berkurangnya suhu lingkungan akan mempengaruhi faktor ketahanan dari idler sehingga pada suhu lingkungan 37° didapat nilai K_t sebesar 1.0.

- Menentukan faktor gesekan *idler* (K_x lbs/ft)

$$K_x = 0.00068 (W_b + W_m) A_i/S_i \quad (\text{CEMA hal 91})$$

$$K_x = 0.00068 (6 + 34.91) + 1.8/5$$

$$K_x = 0.38$$

- Faktor K_y (factor perhitungan gaya *belt* dan beban *flexure* pada *idler*)

$$\text{Untuk } L = 477.56 \text{ ft}$$

$$W = W_b + W_m = 6 \text{ lbs/ft} + 34.91 \text{ lbs/ft} = 40.91 \text{ lbs/ft}$$

Conveyor Length (ft)	$W_b + W_m$ (lbs/ft)	Percent Slope						
		0	3	6	9	12	24	33
		Approximate Degrees						
		0	2	3.5	5	7	14	18
1000	50	0.031	0.028	0.026	0.024	0.023	0.019	0.016
	75	0.030	0.027	0.024	0.022	0.019	0.016	0.016
	100	0.030	0.026	0.022	0.019	0.017	0.016	0.016
	150	0.033	0.024	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.032	0.023	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.033	0.021	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
1400	50	0.029	0.026	0.024	0.022	0.021	0.016	0.016
	75	0.028	0.024	0.021	0.019	0.016	0.016	0.016
	100	0.028	0.023	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.029	0.020	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.030	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.030	0.019	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
2000	50	0.027	0.024	0.022	0.020	0.018	0.016	0.016
	75	0.026	0.021	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.025	0.020	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.026	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.024	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.023	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
2400	50	0.026	0.023	0.021	0.018	0.017	0.016	0.016
	75	0.025	0.021	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.024	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.024	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.021	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
3000	50	0.024	0.022	0.019	0.017	0.016	0.016	0.016
	75	0.023	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	100	0.022	0.017	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	150	0.022	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	200	0.019	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	300	0.018	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016

Berdasarkan tabel 6-2 CEMA. K_y terletak pada 500 ft dengan kemiringan 12% dan panjang *Conveyor* 500 ft $W_b + W_m = 40.91$ lbs/ft

Sehingga didapat nilai K_y 0.028

H = tinggi elevasi conveyor ; 105,482 ft

- **T_p = tegangan belt to flex over di pulley**

$$T_p = 9b \left(0.8 + 0.01 \frac{T}{b} \right) \frac{B_t}{D_p}$$

Keterangan :

B = lebar belt conveyor : 30 inch

B_t = tebal belt conveyor : 1 inch

D_p = diameter pulley : 17.2 inch

T = tegangan belt di pulley : 350 lbf (tabel 6.5 CEMA hal 98)

$$T_p = 9b \left(0.8 + 0.01 \frac{T}{b} \right) \frac{B_t}{D_p}$$

$$T_p = 9 \times 30 \left(0.8 + 0.01 \frac{350}{30} \right) \frac{1}{17.2}$$

$$T_p = 217.83 \text{ lbf}$$

- **Tam = 0** karena conveyor stacking 2 tidak memakai tripper
- **Mencari nilai Tac (Tegangan total yang diberikan oleh aksesoris Conveyor)**

$$T_{ac} = T_{sb} + T_{pl} + T_{tr} + T_{bc} \quad (\text{CEMA hal 87})$$

Keterangan :

Tac = tegangan total yang diberikan oleh aksesoris conveyor

Tsb = tegangan yang terjadi akibat skirtboard

- **Menentukan nilai T_{sb} (Tegangan yang terjadi akibat skirtboard)**

$$T_{sb} = L_b \times (C_s h_s^2 + 6) \quad (\text{CEMA hal 102})$$

C_s = material faktor ; 0.0754 (tabel 6.7 CEMA hal 102)

L_b = panjang skirtboard; 16 ft

h_s = tinggi material pada skirtboard; 2.36 inch

$$T_{sb} = L_b \times (C_s h_s^2 + 6)$$

$$T_{sb} = 16 \times (0.0754 \times 2.36^2 + 6)$$

$$T_{sb} = 102.71 \text{ lbf}$$

$$T_{pl} = 5 \text{ lbf} \quad (\text{CEMA hal 100})$$

$T_{tr} = 0$; karena conveyor stacking 2 tidak memakai tripper

T_{bc} = tegangan atau hambatan yang diberikan belt cleaners

$$T_{bc} = 2 \text{ lbf (CEMA hal 100)}$$

$$T_{ac} = T_{sb} + T_{pl} + T_{tr} + T_{bc}$$

$$T_{ac} = 102.71 + 5 + 0 + 2$$

$$T_{ac} = 109.71 \text{ lbf}$$

- **Tegangan Efektif Conveyor stacking 2 adalah :**

$$T_e = L \times K_t (K_x + K_y \times W_b + 0.015W_b) + W_m (L \times K_y + H) + T_p + T_{am} + T_{ac}$$

$$T_e = 477.56 \times 1 (0.38 + 0.028 \times 6 + 0.015 \times 6) + 34.91 (477.56 \times 0.028 + 105,482) + 217.83 + 0 + 109.71$$

$$T_e = 4781,405 \text{ lbf}$$

- **Daya Motor**

Dan dengan mengetahui tegangan efektif dari belt maka kita dapat daya yang diperlukan (hp) dengan menggunakan rumus :

$$hp = \frac{T_e \times V}{33000}$$

$$hp = \frac{4781,405 \times 1145.55}{33000}$$

$$hp = 165.97$$

- **Perhitungan Belt Take Up**

1. Belt conveyor yang dirancang dengan baik memerlukan penggunaan bentuk perangkat belt takeup untuk alasan sebagai berikut:
2. Untuk memastikan jumlah tegangan yang tepat di bagian yang regang T2 pada drive pulley untuk meminimalisir terjadi slip pada belt.
3. Untuk memastikan ketegangan sabuk tepat pada pemuatan dan titik lainnya sepanjang conveyor.
4. Untuk mengimbangi perubahan panjang sabuk karena untuk meregangkan.
5. Untuk memungkinkan penyimpanan belt untuk membuat splices pengganti

- Untuk menghitung gaya yang diperlukan takeup, dapat menggunakan rumus :

$$W_g = 2T + W_f - W_p / R1$$

Keterangan

W_g = gaya takeup

T = tegangan di bagian yang regang (T_2) ; lbf

W_f = gaya hambat atau gaya gesek ; lbf

W_p = gaya – gaya yang diberikan oleh komponen conveyor

R_1 = Mechanical advantage ratio = 1

T = 2534.19 lbf

W_f = F normal x berat belt x friction factor

W_f = $2.23 \times 6 \times 0.35$

W_f = 4.68 lbf

• W_p = gaya yang diberikan oleh W_{pulley} dan W_{frame}

W_{pulley} = gaya gravitasi x massa pulley

W_{pulley} = 10×440

W_{pulley} = 4400 N

W_{frame} = gaya gravitasi x massa frame

W_{frame} = 10×100

W_{frame} = 1000 N

• W_p = $W_{pulley} + W_{frame}$

W_p = $4400 + 1000$ N

W_p = 5400 N = 1205.35 lbf

$R_1 = 1$

Gaya yang diperlukan untuk belt take up dengan rumus :

$W_g = 2T + W_f - W_p / R_1$

$W_g = (2 \times 2534.19 + 4.68 - 1205.35) / 1$

$W_g = 3867,71$ lbf = 17201,27 N

• Maka dapat dihitung berat beban minimum adalah

$M = W_g / \text{ gaya gravitasi}$

$M = 17201,27 / 10$

$M = 1720,127$ kg = 1,7201 Ton

Dari pembuktian diatas dapat diketahui bahwa terjadi over tension pada *pulley take-up* dari data dilapangan untuk berat *pulley take-up* saat ini adalah 2,5 ton ini yang membuat belt tidak dapat beroperasi sesuai dengan desainnya yang membuat waktu *downtime* sangat besar dan produksi menurun. Perlunya pengurangan beban *counter weight* menjadi 1,7201 Ton agar *reliability* mesin ini dapat meningkat.

b. *Idler*

Pada komponen *idler* tindakan pemeliharaan yang dilakukan adalah *condition task* dimana pada penerapannya disarankan untuk melihat kondisi nyata dilapangan dan mengukur apakah masih sesuai standar yang ada. Pada kasus *idler* kita ukur vibrasinya apakah masih *alignment* terhadap satu sama lain. Karena jika tidak *alignment* akan dapat menyebabkan *belt drift* sehingga tumpahan batubara akan semakin banyak. Ini dikerjakan oleh mekanik yang ada, ini berdasarkan dari *standard job* yang dimiliki oleh perusahaan.

c. *Pulley*

Pada komponen ini yang dilakukan adalah dengan melakukan *Schedule maintenance*, yang dimaksudkan adalah melakukan maintenance yang terjadwal dengan cara mengatur ulang agar posisi *pulley* tepat ditengah-ditengah *belt*. Agar *pulley* tidak menerima beban disatu titik yang membuat *pulley* bisa menjadi patah.

d. *Skirt board*

Pada komponen ini yang dilakukan adalah dengan melakukan *Schedule maintenance*, yang dimaksudkan adalah melakukan maintenance yang terjadwal dengan cara mengatur ulang agar posisi *Skirt board* tepat ditengah-ditengah *belt*. Agar *Skirt board* tidak sampai membuat belt menjadi robek.

e. *Shaft motor electric*

Pada komponen *Shaft* tindakan pemeliharaan yang dilakukan adalah *condition task* dimana pada penerapannya disarankan untuk melihat kondisi nyata dilapangan dan mengukur apakah masih sesuai standar yang ada. Pada kasus *Shaft* kita ukur vibrasinya apakah masih *alignment* terhadap sumbu putar dari motor. Karena jika tidak *alignment* akan dapat menyebabkan *broken shaft* sehingga membuat *downtime* yang sangat lama.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

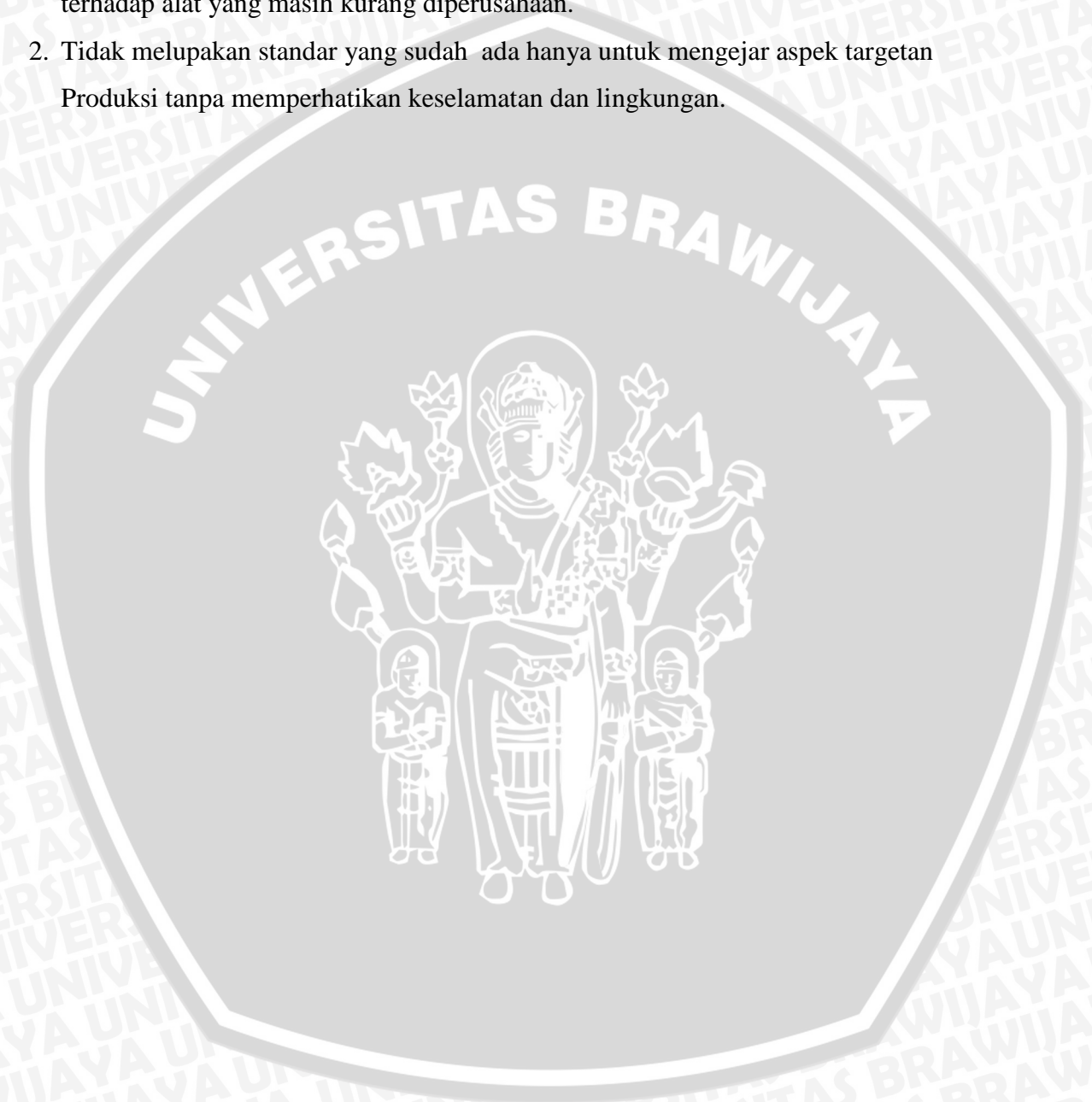
Setelah melakukan analisis terhadap masing-masing komponen dan melakukan setiap proses dari rcm maka didapatkan lah hasil seperti dibawah ini meliputi interval waktu perawatan untuk memperoleh keandalan yang diharapkan dan *task maintenance*.

1. Komponen kritis dari nilai RPN terbesar adalah *belt conveyor, idler, pulley, skirtboard, shaft*.
2. Dari *RCM Information Worksheet* dapat diketahui tindakan pemeliharaan untuk komponen - komponen mesin *belt conveyor*. Tindakan pemeliharaannya adalah sebagai berikut:
 - a. *Scheduled On Condition Task* untuk komponen *idler* dan *shaft motor electric*.
 - b. *Scheduled Restoration Task* untuk komponen *pulley dan skirtboard*.
3. Nilai keandalan sangat dipengaruhi oleh waktu, semakin lama waktu komponen dipakai, maka nilai keandalan dari komponen tersebut akan semakin berkurang. Besar peningkatan nilai keandalan masing-masing komponen adalah sebagai berikut:
 - a. *Reliability* (keandalan) komponen *belt conveyor* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 88% meningkat sebesar 61.89 % dari nilai *reliability* saat ini yaitu 26.11%. Oleh karena itu setiap selang waktu $t = 10$ jam atau dilakukannya *redesign*.
 - b. *Reliability* (keandalan) komponen *Idler* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 89.14 % meningkat sebesar 48.70 % dari nilai *reliability* saat ini yaitu 40.44 %. Oleh karena itu setiap selang waktu $t = 192$ jam.
 - c. *Reliability* (keandalan) komponen *pulley* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 90.92 % meningkat sebesar 50.17 % dari nilai *reliability* saat ini yaitu 40.75 %. Oleh karena itu setiap selang waktu $t = 336$ jam diusulkan untuk melakukan tindakan pemeliharaan.
 - d. *Reliability* (keandalan) komponen *skirtboard* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 90.35 % meningkat sebesar 49.13 % dari nilai *reliability* saat ini yaitu 41.22 %. Oleh karena itu setiap selang waktu $t = 384$ jam diusulkan untuk melakukan tindakan pemeliharaan.
 - e. *Reliability* (keandalan) komponen *Shaft* setelah dilakukan interval pemeliharaan adalah 90.86 % meningkat sebesar 61.07 % dari nilai *reliability* saat ini yaitu

29.79%. Oleh karena itu setiap selang waktu $t = 480$ jam diusulkan untuk melakukan tindakan pemeliharaan.

5.2. Saran

1. Agar apa yang menjadi hasil penelitian ini dapat menjadi ukuran penerapan sop kerja terhadap alat yang masih kurang diperusahaan.
2. Tidak melupakan standar yang sudah ada hanya untuk mengejar aspek targetan Produksi tanpa memperhatikan keselamatan dan lingkungan.



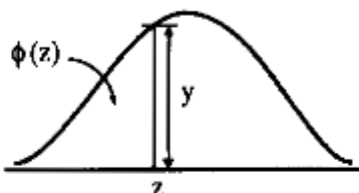
DAFTAR PUSTAKA

- Asyari, Daryus. 2007. Manajemen Pemeliharaan Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada, Jakarta.
- Asisco, Hendro. 2012. Usulan Perencanaan Perawatan Mesin dengan *Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)* di PT. Perkebunan Nusantara VII (PERSERO) Unit Usaha Sungai Niru Kab. Muara Enim. Yogyakarta : Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN).
- Ben-Daya, M. 2000. *You May Need RCM to Enhance TPM Implementation. Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 6(2).
- Cema. 2002. *Belt Conveyors for Bulk Materials. United states of America: Conveyor Equipment Manufactures Association*
- Dhillon, B, S, 2002, *Engineering Maintenance A Modern Approach*, New York: Boca Raton CRC Press
- Ebelling, C.E.1997. *An introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. New York: The Mc.Graw Hill Companier inc.
- Heizer, Jay. 2005. *Operations Management*, New Jersey: 7th Prentice Hall
- Kusumoningrum, L. 2010. Perencanaan Perawatan Mesin Induction Furnace dengan Pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. S-1 Teknik Industri, Unuversitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Layer, Jonh. 2002. *Failure Analysis and Prevention*, Volume 11, Penerbit ASM Handbook.
- Moubray, J. 1997. *Reliability Centered Maintenance II*. New York: Industrial Press Inc.
- Novira, E. 2010. Perencanaan Pemeliharaan *Papar Machine* dengan Basis *RCM (Reliability Centered Maintenance)* di PT. PDM Indonesia. S1-Teknik Industri, Universitas Sumatera Utara, Medan
- Wing, N. 2010. Perencanaan Sistem Perawatan Mesin dengan Pendekatan *Reliability Centered Maintenance and Maintenance Value Stream* (Studi Kasus di PT. Industri Karet Nusantara). S-1 Teknik Industri, Universitas Sumatera Utara, Medan.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 . Tabel Distribusi Normal Baku

TABEL DISTRIBUSI NORMAL BAKU (I)



z	$\phi(z)$	y	z	$\phi(z)$	y	z	$\phi(z)$	y
-4,00	0,0000	0,0001	-3,70	0,0001	0,0004	-3,40	0,0003	0,0012
-3,99	0,0000	0,0001	-3,69	0,0001	0,0004	-3,39	0,0003	0,0013
-3,98	0,0000	0,0001	-3,68	0,0001	0,0005	-3,38	0,0004	0,0013
-3,97	0,0000	0,0002	-3,67	0,0001	0,0005	-3,37	0,0004	0,0014
-3,96	0,0000	0,0002	-3,66	0,0001	0,0005	-3,36	0,0004	0,0014
-3,95	0,0000	0,0002	-3,65	0,0001	0,0005	-3,35	0,0004	0,0015
-3,94	0,0000	0,0002	-3,64	0,0001	0,0005	-3,34	0,0004	0,0015
-3,93	0,0000	0,0002	-3,63	0,0001	0,0005	-3,33	0,0005	0,0016
-3,92	0,0000	0,0002	-3,62	0,0001	0,0006	-3,32	0,0005	0,0016
-3,91	0,0000	0,0002	-3,61	0,0002	0,0006	-3,31	0,0005	0,0017
-3,90	0,0000	0,0002	-3,60	0,0002	0,0006	-3,30	0,0005	0,0017
-3,89	0,0000	0,0002	-3,59	0,0002	0,0006	-3,29	0,0005	0,0018
-3,88	0,0001	0,0002	-3,58	0,0002	0,0007	-3,28	0,0005	0,0018
-3,87	0,0001	0,0002	-3,57	0,0002	0,0007	-3,27	0,0005	0,0019
-3,86	0,0001	0,0002	-3,56	0,0002	0,0007	-3,26	0,0006	0,0020
-3,85	0,0001	0,0002	-3,55	0,0002	0,0007	-3,25	0,0006	0,0020
-3,84	0,0001	0,0003	-3,54	0,0002	0,0008	-3,24	0,0006	0,0021
-3,83	0,0001	0,0003	-3,53	0,0002	0,0008	-3,23	0,0006	0,0022
-3,82	0,0001	0,0003	-3,52	0,0002	0,0008	-3,22	0,0006	0,0022
-3,81	0,0001	0,0003	-3,51	0,0002	0,0008	-3,21	0,0007	0,0023
-3,80	0,0001	0,0003	-3,50	0,0002	0,0009	-3,20	0,0007	0,0024
-3,79	0,0001	0,0003	-3,49	0,0002	0,0009	-3,19	0,0007	0,0025
-3,78	0,0001	0,0003	-3,48	0,0003	0,0009	-3,18	0,0007	0,0025
-3,77	0,0001	0,0003	-3,47	0,0003	0,0010	-3,17	0,0008	0,0026
-3,76	0,0001	0,0003	-3,46	0,0003	0,0010	-3,16	0,0008	0,0027
-3,75	0,0001	0,0004	-3,45	0,0003	0,0010	-3,15	0,0008	0,0028
-3,74	0,0001	0,0004	-3,44	0,0003	0,0011	-3,14	0,0008	0,0029
-3,73	0,0001	0,0004	-3,43	0,0003	0,0011	-3,13	0,0009	0,0030
-3,72	0,0001	0,0004	-3,42	0,0003	0,0012	-3,12	0,0009	0,0031
-3,71	0,0001	0,0004	-3,41	0,0003	0,0012	-3,11	0,0009	0,0032



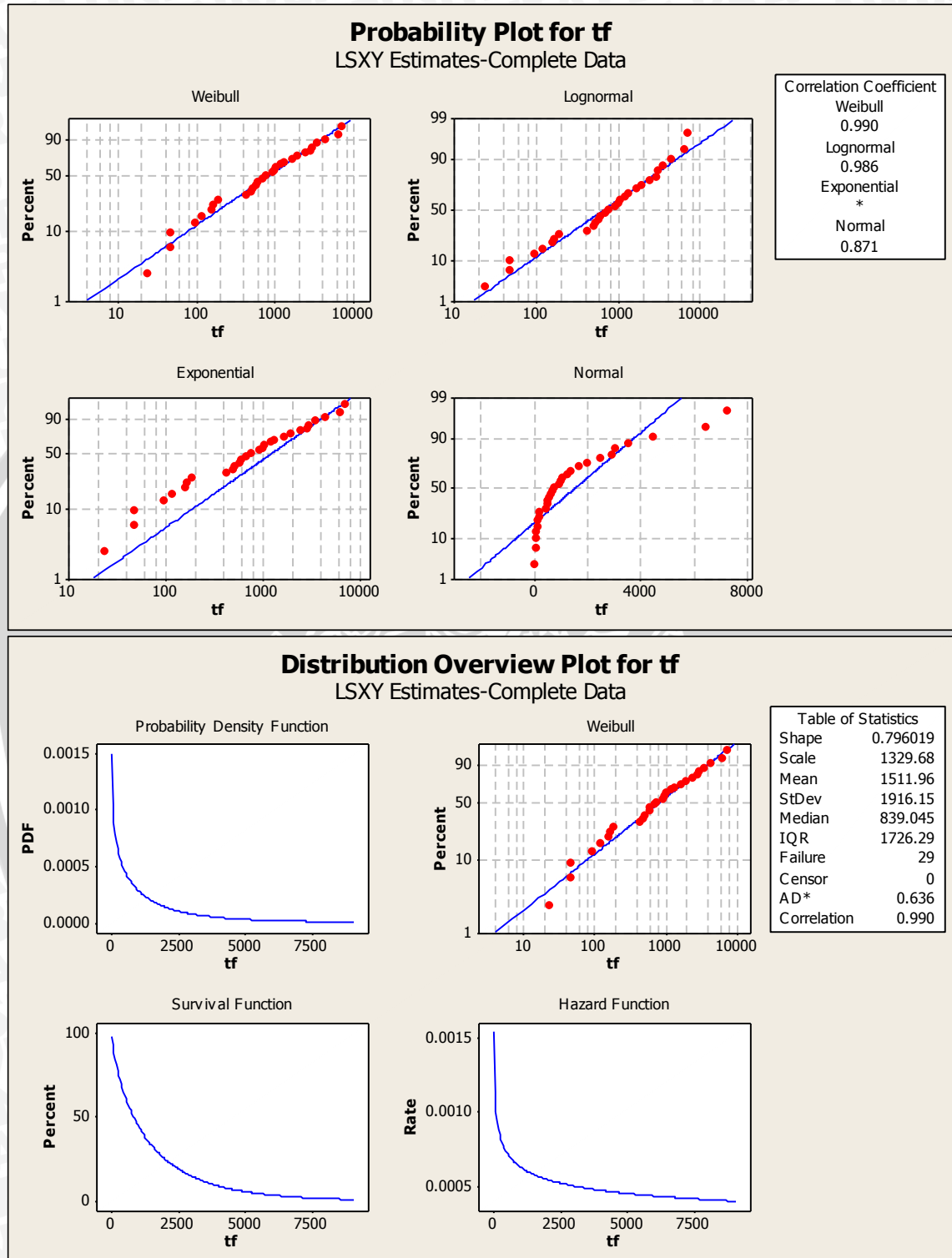
z	$\phi(z)$	y	z	$\phi(z)$	y	z	$\phi(z)$	y
-3,10	0,0010	0,0033	-2,75	0,0030	0,0091	-2,40	0,0082	0,0224
-3,09	0,0010	0,0034	-2,74	0,0031	0,0093	-2,39	0,0084	0,0229
-3,08	0,0010	0,0035	-2,73	0,0032	0,0096	-2,38	0,0087	0,0234
-3,07	0,0011	0,0036	-2,72	0,0033	0,0099	-2,37	0,0089	0,0241
-3,06	0,0011	0,0037	-2,71	0,0034	0,0101	-2,36	0,0091	0,0246
-3,05	0,0011	0,0038	-2,70	0,0035	0,0104	-2,35	0,0094	0,0252
-3,04	0,0012	0,0039	-2,69	0,0036	0,0107	-2,34	0,0096	0,0258
-3,03	0,0012	0,0040	-2,68	0,0037	0,0110	-2,33	0,0099	0,0264
-3,02	0,0013	0,0042	-2,67	0,0038	0,0113	-2,32	0,0102	0,0270
-3,01	0,0013	0,0043	-2,66	0,0039	0,0116	-2,31	0,0104	0,0277
-3,00	0,0013	0,0044	-2,65	0,0040	0,0119	-2,30	0,0107	0,0283
-2,99	0,0014	0,0046	-2,64	0,0041	0,0122	-2,29	0,0110	0,0290
-2,98	0,0014	0,0047	-2,63	0,0043	0,0126	-2,28	0,0113	0,0297
-2,97	0,0015	0,0048	-2,62	0,0044	0,0129	-2,27	0,0116	0,0303
-2,96	0,0015	0,0050	-2,61	0,0045	0,0132	-2,26	0,0119	0,0310
-2,95	0,0016	0,0051	-2,60	0,0047	0,0136	-2,25	0,0122	0,0317
-2,94	0,0016	0,0053	-2,59	0,0048	0,0139	-2,24	0,0125	0,0325
-2,93	0,0017	0,0055	-2,58	0,0049	0,0143	-2,23	0,0129	0,0332
-2,92	0,0018	0,0056	-2,57	0,0051	0,0147	-2,22	0,0132	0,0339
-2,91	0,0018	0,0058	-2,56	0,0052	0,0151	-2,21	0,0136	0,0347
-2,90	0,0019	0,0060	-2,55	0,0054	0,0154	-2,20	0,0139	0,0355
-2,89	0,0019	0,0061	-2,54	0,0055	0,0158	-2,19	0,0143	0,0363
-2,88	0,0020	0,0063	-2,53	0,0057	0,0163	-2,18	0,0146	0,0371
-2,87	0,0021	0,0065	-2,52	0,0059	0,0167	-2,17	0,0150	0,0379
-2,86	0,0021	0,0067	-2,51	0,0060	0,0171	-2,16	0,0154	0,0387
-2,85	0,0022	0,0069	-2,50	0,0062	0,0175	-2,15	0,0158	0,0396
-2,84	0,0023	0,0071	-2,49	0,0064	0,0180	-2,14	0,0162	0,0404
-2,83	0,0023	0,0073	-2,48	0,0066	0,0184	-2,13	0,0166	0,0413
-2,82	0,0024	0,0075	-2,47	0,0068	0,0189	-2,12	0,0170	0,0422
-2,81	0,0025	0,0077	-2,46	0,0069	0,0194	-2,11	0,0174	0,0431
-2,80	0,0026	0,0079	-2,45	0,0071	0,0198	-2,10	0,0179	0,0440
-2,79	0,0026	0,0081	-2,44	0,0073	0,0203	-2,09	0,0183	0,0449
-2,78	0,0027	0,0084	-2,43	0,0075	0,0208	-2,08	0,0188	0,0459
-2,77	0,0028	0,0086	-2,42	0,0078	0,0213	-2,07	0,0192	0,0468
-2,76	0,0029	0,0088	-2,41	0,0080	0,0219	-2,06	0,0197	0,0478



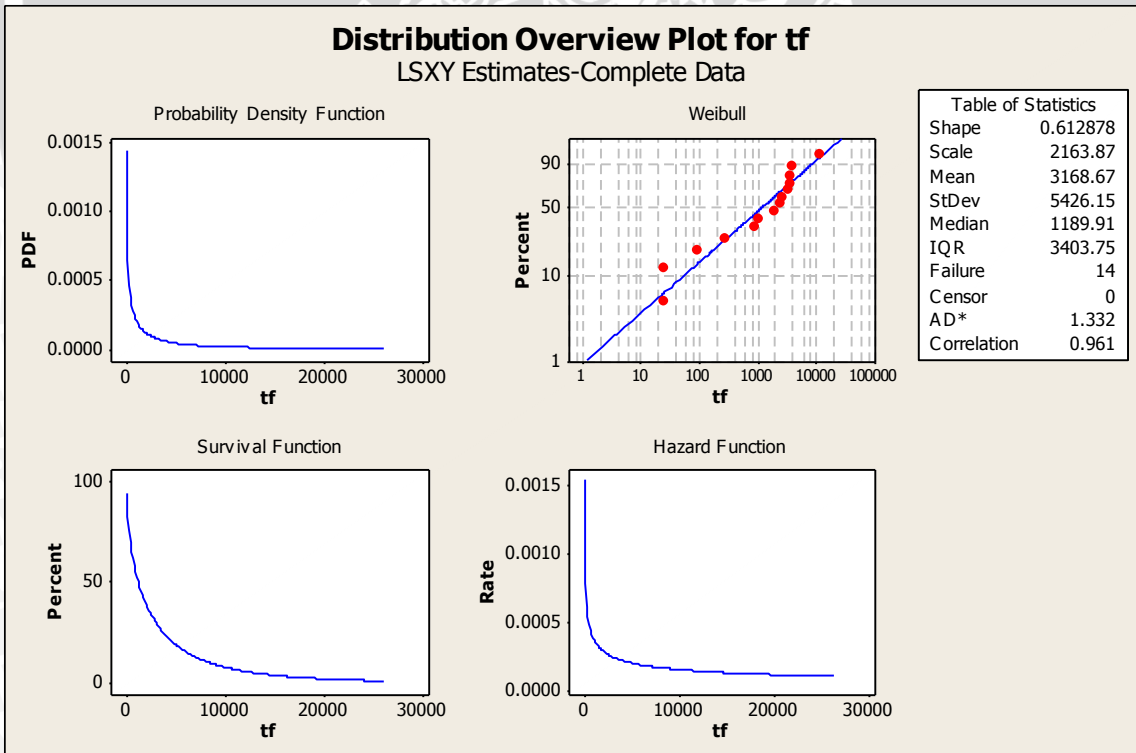
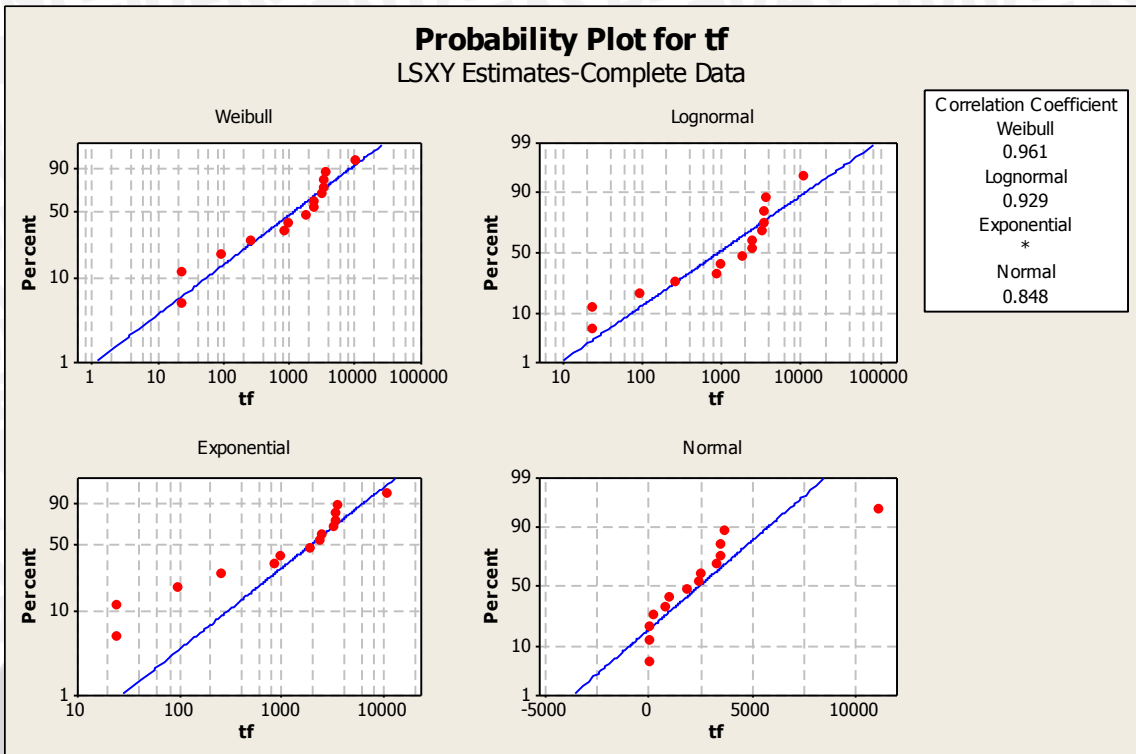
z	$\phi(z)$	y	z	$\phi(z)$	y	z	$\phi(z)$	y
0,05	0,5199	0,3984	0,40	0,6554	0,3683	0,75	0,7734	0,3011
0,06	0,5239	0,3982	0,41	0,6591	0,3668	0,76	0,7764	0,2989
0,07	0,5279	0,3980	0,42	0,6628	0,3653	0,77	0,7794	0,2966
0,08	0,5319	0,3977	0,43	0,6664	0,3537	0,78	0,7823	0,2943
0,09	0,5359	0,3973	0,44	0,6700	0,3621	0,79	0,7852	0,2920
0,10	0,5398	0,3970	0,45	0,6736	0,3605	0,80	0,7881	0,2897
0,11	0,5438	0,3965	0,46	0,6772	0,3589	0,81	0,7910	0,2874
0,12	0,5478	0,3961	0,47	0,6808	0,3572	0,82	0,7939	0,2850
0,13	0,5517	0,3956	0,48	0,6844	0,3555	0,83	0,7967	0,2827
0,14	0,5557	0,3951	0,49	0,6879	0,3538	0,84	0,7995	0,2803
0,15	0,5598	0,3945	0,50	0,6915	0,3521	0,85	0,8023	0,2780
0,16	0,5636	0,3939	0,51	0,6950	0,3503	0,86	0,8051	0,2756
0,17	0,5675	0,3932	0,52	0,6985	0,3485	0,97	0,8078	0,2732
0,18	0,5714	0,3925	0,53	0,7019	0,3467	0,88	0,8106	0,2709
0,19	0,5753	0,3918	0,54	0,7054	0,3448	0,89	0,8133	0,2685
0,20	0,5793	0,3910	0,55	0,7088	0,3429	0,90	0,8159	0,2661
0,21	0,5832	0,3902	0,56	0,7123	0,3410	0,91	0,8186	0,2637
0,22	0,5871	0,3894	0,57	0,7157	0,3391	0,92	0,8212	0,2613
0,23	0,5910	0,3885	0,58	0,7190	0,3372	0,93	0,8238	0,2589
0,24	0,5948	0,3876	0,59	0,7224	0,3352	0,94	0,8264	0,2565
0,25	0,5987	0,3867	0,60	0,7257	0,3332	0,95	0,8289	0,2541
0,26	0,6026	0,3857	0,61	0,7291	0,3312	0,96	0,8315	0,2516
0,27	0,6064	0,3847	0,62	0,7324	0,3292	0,97	0,8340	0,2492
0,28	0,6103	0,3836	0,63	0,7357	0,3271	0,98	0,8365	0,2468
0,29	0,6141	0,3825	0,64	0,7389	0,3251	0,99	0,8389	0,2444
0,30	0,6179	0,3814	0,65	0,7422	0,3230	1,00	0,8413	0,2420
0,31	0,6217	0,3802	0,66	0,7454	0,3209	1,01	0,8438	0,2396
0,32	0,6255	0,3790	0,67	0,7486	0,3187	1,02	0,8461	0,2371
0,33	0,6298	0,3778	0,68	0,7517	0,3166	1,03	0,8485	0,2347
0,34	0,6331	0,3765	0,69	0,7549	0,3144	1,04	0,8508	0,2323
0,35	0,6368	0,3752	0,70	0,7580	0,3123	1,05	0,8531	0,2299
0,36	0,6406	0,3739	0,71	0,7611	0,3101	1,06	0,8554	0,2275
0,37	0,6443	0,3725	0,72	0,7642	0,3079	1,07	0,8577	0,2251
0,38	0,6480	0,3712	0,73	0,7673	0,3056	1,08	0,8599	0,2227
0,39	0,6517	0,3697	0,74	0,7704	0,3034	1,09	0,8621	0,2203

Lampiran 2. *Probabilty Plot dan Distribution Overview Plot*

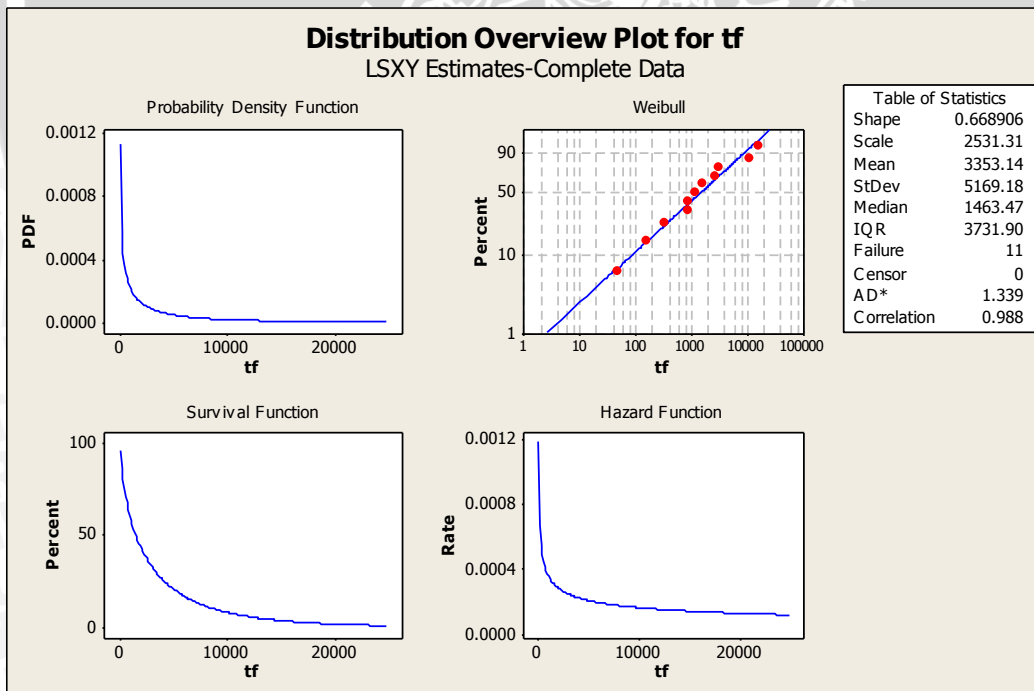
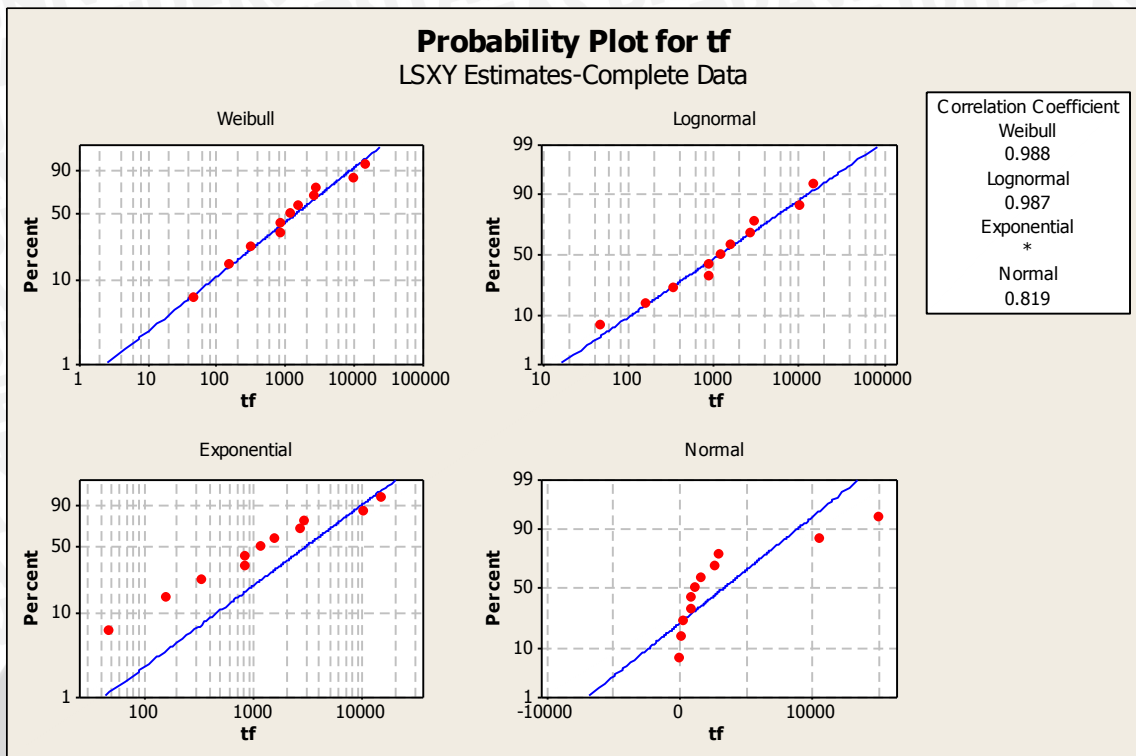
1. Gambar *Probabilty Plot dan Distribution Overview Plot* Komponen Idler



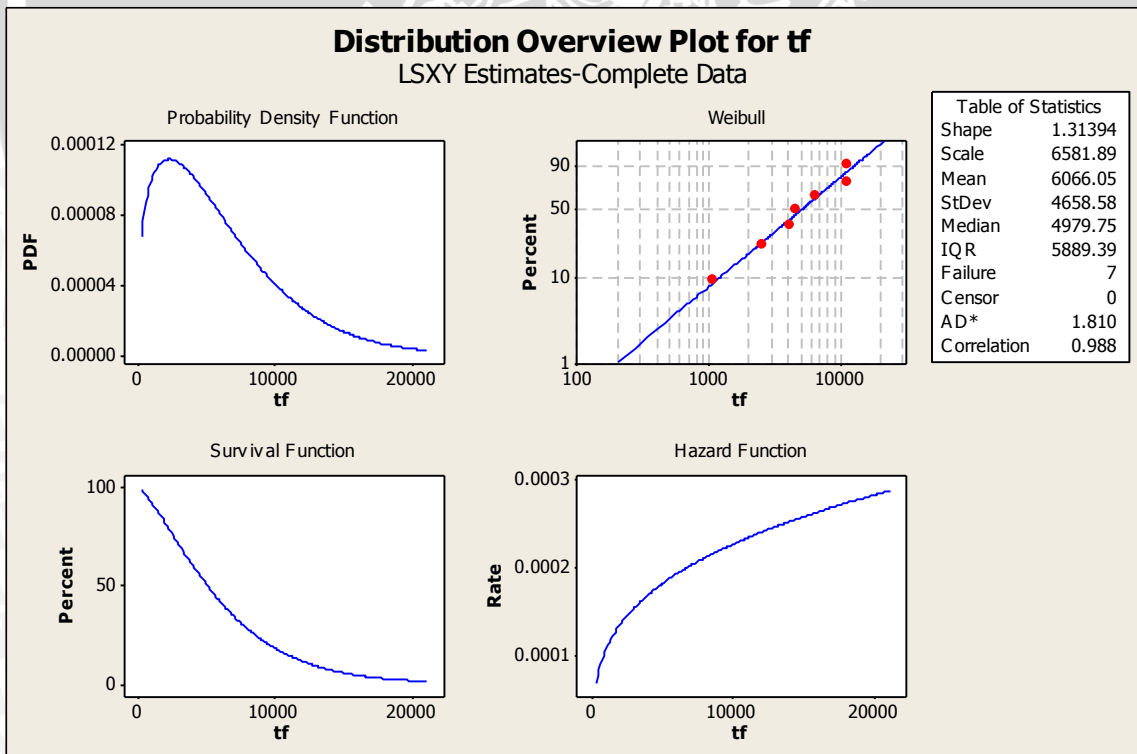
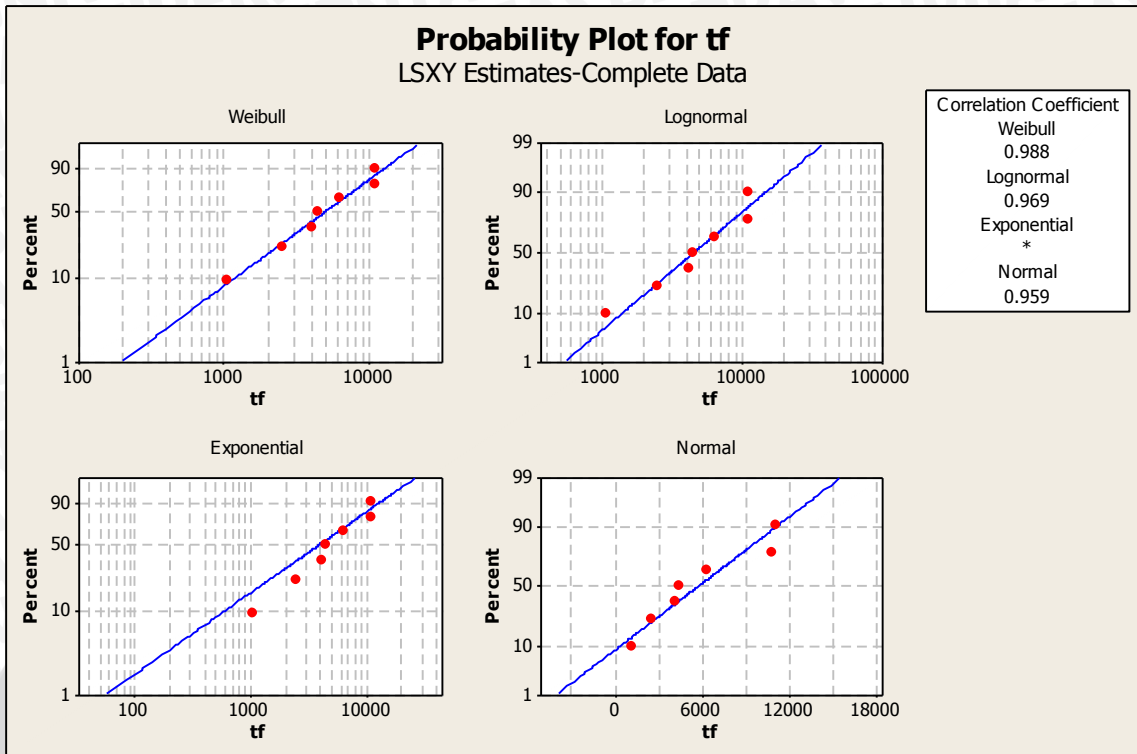
2. Gambar *Probability Plot* dan *Distribution Overview Plot* Komponen pulley



3. Gambar *Probability Plot* dan *Distribution Overview Plot* Komponen Skirtboard



4. Gambar *Probabilty Plot* dan *Distribution Overview Plot* Komponen Shaft



Lampiran 3. Data Antar kerusakan Dan Lama perbaikan

a. Data antar kerusakan dan lama perbaikan *Belt conveyor*

Belt Conveyor		
Tanggal Kerusakan	Jarak Waktu kerusakan	Lama Perbaikan
1/26/10		0.1
2/7/10	288.00	0.3
7/16/10	3816.00	0.3
8/27/10	1008.00	0.1
10/14/10	1152.00	0.4
10/17/10	72.00	0.1
4/25/11	4560.00	0.1
5/2/11	168.00	0.2
5/8/11	144.00	0.1
7/3/11	1344.00	0.3
7/25/11	528.00	0.1
8/10/11	384.00	0.2
11/16/11	2352.00	0.1
12/1/11	360.00	0.6
12/3/11	48.00	0.1
12/5/11	48.00	0.3
2/7/12	1536.00	0.2
6/29/12	3432.00	0.2
7/1/12	48.00	0.2
7/4/12	72.00	0.6
7/7/12	72.00	0.2
7/7/12	12.00	0.2
7/17/12	240.00	0.8
7/17/12	12.00	0.5

Belt Conveyor		
Tanggal Kerusakan	Jarak Waktu kerusakan	Lama Perbaikan
7/20/12	72.00	0.4
7/20/12	12.00	0.4
7/21/12	24.00	0.7
7/21/12	12.00	0.3
7/22/12	24.00	0.7
11/6/12	2568.00	0.1
2/21/13	2568.00	0.6
5/6/13	1776.00	0.6
5/8/13	48.00	0.6
6/9/13	768.00	0.3
6/15/13	144.00	0.3
6/15/13	12.00	0.3
6/16/13	24.00	0.4
6/18/13	48.00	0.2
6/30/13	288.00	0.3
8/9/13	960.00	0.2
9/12/13	816.00	0.4
10/1/13	456.00	0.2
10/3/13	48.00	0.2
12/11/13	1656.00	0.2
12/11/13	12.00	0.2
1/27/14	1128.00	0.2
3/1/14	792.00	0.3
3/3/14	48.00	0.1
3/3/14	12.00	0.9
3/4/14	24.00	0.9

Belt Conveyor		
Tanggal Kerusakan	Jarak Waktu kerusakan	Lama Perbaikan
3/11/14	168.00	0.2
3/11/14	12.00	0.2
3/26/14	360.00	0.8
3/29/14	72.00	0.2
3/29/14	12.00	0.7
3/29/14	12.00	0.6
3/29/14	12.00	0.2
3/30/14	24.00	1
3/31/14	24.00	0.3
4/1/14	24.00	0.2
4/2/14	24.00	0.3
4/2/14	12.00	0.6
4/2/14	12.00	0.2
4/4/14	48.00	0.3
4/4/14	12.00	0.1
4/7/14	72.00	0.4
4/8/14	24.00	0.2
4/8/14	12.00	0.1
4/13/14	120.00	0.4
4/15/14	48.00	0.2
4/15/14	12.00	0.1
4/18/14	72.00	0.1
4/19/14	24.00	0.1
4/20/14	24.00	0.2
4/23/14	72.00	0.2
4/27/14	96.00	0.5

Belt Conveyor		
Tanggal Kerusakan	Jarak Waktu kerusakan	Lama Perbaikan
4/28/14	24.00	0.8
4/29/14	24.00	0.5
5/2/14	72.00	0.4
5/2/14	12.00	0.1
5/8/14	144.00	0.3
5/9/14	24.00	0.4
5/10/14	24.00	0.7
5/11/14	24.00	1.3
5/12/14	24.00	1.5
5/12/14	12.00	1.8
5/13/14	24.00	0.9
5/13/14	12.00	2.3
5/14/14	24.00	0.2
5/14/14	12.00	0.7
5/17/14	72.00	0.2
5/17/14	12.00	0.6
5/18/14	24.00	1.1
5/18/14	12.00	1.7
5/19/14	24.00	0.7
5/20/14	24.00	0.4
5/21/14	24.00	0.4
5/21/14	12.00	0.6
5/22/14	24.00	0.4
5/22/14	12.00	0.3
5/23/14	24.00	0.6
5/23/14	12.00	0.3

Belt Conveyor		
Tanggal Kerusakan	Jarak Waktu kerusakan	Lama Perbaikan
6/3/14	264.00	0.6
6/4/14	24.00	0.3
6/20/14	384.00	0.5
6/20/14	12.00	0.1
6/23/14	72.00	0.2
6/26/14	72.00	0.3
6/30/14	96.00	0.2
7/1/14	24.00	0.1
7/10/14	216.00	1.4
7/17/14	168.00	0.5
7/23/14	144.00	0.1
8/8/14	384.00	0.1
8/8/14	12.00	0.9
8/9/14	24.00	0.2
8/10/14	24.00	0.9
8/11/14	24.00	0.9
8/11/14	12.00	0.7
8/12/14	24.00	0.4
8/15/14	72.00	0.1
8/16/14	24.00	1
8/20/14	96.00	2.8
8/24/14	96.00	0.2
9/6/14	312.00	0.1
9/7/14	24.00	0.6
9/8/14	24.00	0.7
9/11/14	72.00	0.1

Belt Conveyor		
Tanggal Kerusakan	Jarak Waktu kerusakan	Lama Perbaikan
9/12/14	24.00	0.4
9/13/14	24.00	0.5
9/13/14	12.00	0.2
9/14/14	24.00	0.5
9/14/14	12.00	0.2
9/15/14	24.00	0.3
9/15/14	12.00	0.6
9/16/14	24.00	0.2
9/17/14	24.00	1
9/17/14	12.00	0.9
9/18/14	24.00	0.1
9/19/14	24.00	0.2
9/19/14	12.00	1
9/20/14	24.00	0.5
9/20/14	12.00	0.1
9/22/14	48.00	1.8
9/22/14	12.00	0.7
9/23/14	24.00	0.6
9/24/14	24.00	0.1
10/14/14	480.00	0.2
10/15/14	24.00	0.3
11/9/14	600.00	0.4
11/10/14	24.00	0.2
11/11/14	24.00	0.2
11/19/14	192.00	0.1
11/28/14	216.00	0.4

Belt Conveyor		
Tanggal Kerusakan	Jarak Waktu kerusakan	Lama Perbaikan
12/6/14	192.00	0.6
12/16/14	240.00	1.8
1/31/15	1104.00	0.1
1/31/15	12.00	0.9
2/22/15	528.00	0.3
2/23/15	24.00	0.6
3/4/15	216.00	0.1
3/4/15	12.00	0.2
3/6/15	48.00	0.2
3/7/15	24.00	0.2
3/7/15	12.00	0.1
3/7/15	12.00	0.2
3/7/15	12.00	0.2
3/7/15	12.00	0.1
3/11/15	96.00	0.2
3/12/15	24.00	0.2
3/12/15	12.00	0.1
3/13/15	24.00	0.3
3/14/15	24.00	0.2
3/15/15	24.00	0.2
3/15/15	12.00	0.4
3/15/15	12.00	0.3
3/16/15	24.00	0.2
3/16/15	12.00	0.2
3/16/15	12.00	0.2
3/16/15	12.00	0.1

Belt Conveyor		
Tanggal Kerusakan	Jarak Waktu kerusakan	Lama Perbaikan
3/16/15	12.00	0.6
3/16/15	12.00	0.4
3/16/15	12.00	0.1
3/17/15	24.00	0.3
3/20/15	72.00	0.4
3/20/15	12.00	0.3
3/21/15	24.00	0.3
3/21/15	12.00	0.5
3/24/15	72.00	0.1
3/25/15	24.00	0.4
3/25/15	12.00	0.2
3/29/15	96.00	0.3
3/31/15	48.00	0.3
3/31/15	12.00	0.3
4/1/15	24.00	0.3
4/1/15	12.00	0.3
4/2/15	24.00	0.6
4/3/15	24.00	0.5
4/3/15	12.00	0.6
4/4/15	24.00	0.2
4/6/15	48.00	0.3
4/7/15	24.00	1.1
4/8/15	24.00	0.1
4/10/15	48.00	0.6
4/11/15	24.00	0.2
4/14/15	72.00	0.9

Belt Conveyor		
Tanggal Kerusakan	Jarak Waktu kerusakan	Lama Perbaikan
4/16/15	48.00	0.3
4/19/15	72.00	0.6
4/20/15	24.00	1.5
4/21/15	24.00	0.5
4/22/15	24.00	0.5
4/24/15	48.00	1.4
4/25/15	24.00	0.2
4/27/15	48.00	0.1
4/28/15	24.00	0.2
4/29/15	24.00	0.9
4/30/15	24.00	1.2
5/1/15	24.00	0.2
5/2/15	24.00	1
5/5/15	72.00	0.8
5/9/15	96.00	0.3
5/9/15	12.00	0.3
5/15/15	144.00	1.4
5/16/15	24.00	0.1
5/16/15	12.00	0.5
5/16/15	12.00	0.3
5/17/15	24.00	0.2
5/18/15	24.00	0.2
5/19/15	24.00	2.6
5/19/15	12.00	0.6
5/20/15	24.00	0.4
5/21/15	24.00	0.2

Belt Conveyor		
Tanggal Kerusakan	Jarak Waktu kerusakan	Lama Perbaikan
5/23/15	48.00	0.2
5/24/15	24.00	0.2
5/24/15	12.00	0.2
5/25/15	24.00	0.4
5/26/15	24.00	0.7
5/28/15	48.00	0.7
5/31/15	72.00	0.5
6/3/15	72.00	0.1

b. Data antar kerusakan dan lama perbaikan *Idlers*

Idlers and rollers		
Tanggal Kerusakan	Jarak Waktu Kerusakan	Lama Perbaikan
2/22/10	0.00	0.40
3/20/10	624.00	0.30
4/10/10	504.00	0.30
10/14/10	4488.00	0.4
10/18/10	96.00	0.8
11/29/10	1008.00	0.2
12/24/10	600.00	0.3
5/22/11	3576.00	0.2
5/30/11	192.00	0.3
7/1/11	768.00	0.3
7/8/11	168.00	0.3
8/16/11	936.00	0.1
9/3/11	432.00	0.3

Idlers and rollers		
Tanggal Kerusakan	Jarak Waktu Kerusakan	Lama Perbaikan
10/2/11	696.00	0.4
12/11/11	1680.00	0.2
1/31/12	1224.00	0.5
3/15/12	1056.00	0.4
6/26/12	2472.00	0.5
6/28/12	48.00	3.6
10/28/12	2928.00	0.5
1/19/13	1992.00	0.2
1/21/13	48.00	0.2
1/28/13	168.00	0.6
3/26/13	1368.00	0.2
4/17/13	528.00	0.2
1/11/14	6456.00	0.40
11/11/14	7296.00	0.8
11/12/14	24.00	1
3/19/15	3048.00	0.8
3/24/15	120.00	0.2

c. Data antar kerusakan dan lama perbaikan *Pulley*

Pulley		
Tanggal Kerusakan	Jarak Waktu Kerusakan	Lama Perbaikan
2/21/10	0.00	1.00
7/10/10	3336.00	0.10
12/11/10	3696.00	6.6
12/22/10	264.00	12
4/6/11	2520.00	10.2

Pulley		
Tanggal Kerusakan	Jarak Waktu Kerusakan	Lama Perbaikan
4/7/11	24.00	12
4/11/11	96.00	11.2
6/29/11	1896.00	7.7
10/9/11	2448.00	3.1
3/1/12	3456.00	10.2
4/12/12	1008.00	12
4/13/12	24.00	6.5
7/20/13	11112.00	12
8/25/13	864.00	0.1
1/17/14	3480.00	0.20

d. Data antar kerusakan dan lama perbaikan *Skirt board*

Skirt board		
Tanggal Kerusakan	Jarak Waktu Kerusakan	Lama Perbaikan
5/3/10	0.00	0.5
9/6/10	3024.00	0.5
11/17/11	10488.00	0.4
1/22/12	1584.00	0.5
5/14/12	2712.00	0.6
6/19/12	864.00	0.8
6/26/12	168.00	0.3
8/1/12	864.00	0.70
9/20/12	1200.00	0.9
9/22/12	48.00	0.70
6/11/14	15048.00	0.3

Skirt board

Tanggal Kerusakan	Jarak Waktu Kerusakan	Lama Perbaikan
6/25/14	336.00	0.3

e. Data antar kerusakan dan lama perbaikan *Shaft*

Shaft		
Tanggal Kerusakan	Jarak Waktu Kerusakan	Lama Perbaikan
10/2/10	0	12
11/15/10	1056.00	6.4
2/27/11	2496.00	0.20
8/16/11	4080.00	12
11/16/12	10992.00	1.6
5/20/13	4440.00	6.4
8/14/14	10824.00	0.20
5/3/15	6288.00	12