

**PERENCANAAN PEMELIHARAAN MESIN PRODUKSI  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY  
CENTERED MAINTENANCE* (RCM) II PADA MESIN *BLOWING  
OM*  
(Studi Kasus: PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang)**

**SKRIPSI  
KONSENTRASI MANAJEMEN SISTEM INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**IRAWAN HARNADI BANGUN  
NIM. 105060700111009 - 67**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2014**

## LEMBAR PERSETUJUAN

### PERENCANAAN PEMELIHARAAN MESIN PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) II* PADA MESIN *BLOWING OM*

(Studi Kasus: PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang)

#### SKRIPSI KONSENTRASI MANAJEMEN SISTEM INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**IRAWAN HARNADI BANGUN**  
NIM. 105060700111009 - 67

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Arif Rahman, ST., MT  
NIP. 19740528 200801 1 010

Zefry Darmawan, ST., MT.  
NIP. 830206 06 1 1 0248

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERENCANAAN PEMELIHARAAN MESIN PRODUKSI DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE*  
(RCM) II PADA MESIN *BLOWING OM*  
(Studi Kasus di PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang)**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
Memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

**IRAWAN HARNADI BANGUN  
NIM. 105060700111009 - 67**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
tanggal 26 Agustus 2014

**Skripsi I**

**Skripsi II**

**Remba Yanuar Efranto, ST., MT.  
NIP. 19840116 200812 1 003**

**Yeni Sumantri, S.Si., MT., Ph.D.  
NIP. 19720219 200604 2 001**

**Komprehensif**

**Ir. Purnomo Budi Santoso, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19530113 198303 1 003**

**Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Industri**

**Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph. D.  
NIP. 19730819 199903 1 002**

**PERNYATAAN****PERNYATAAN  
ORISINALITAS SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (SARJANA TEKNIK) dibatalkan serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 28 Agustus 2014

Mahasiswa

Irawan Harnadi Bangun

NIM. 105060700111009

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat-Nya sehingga Laporan Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Laporan Skripsi ini disusun dengan tujuan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik. Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, khususnya ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

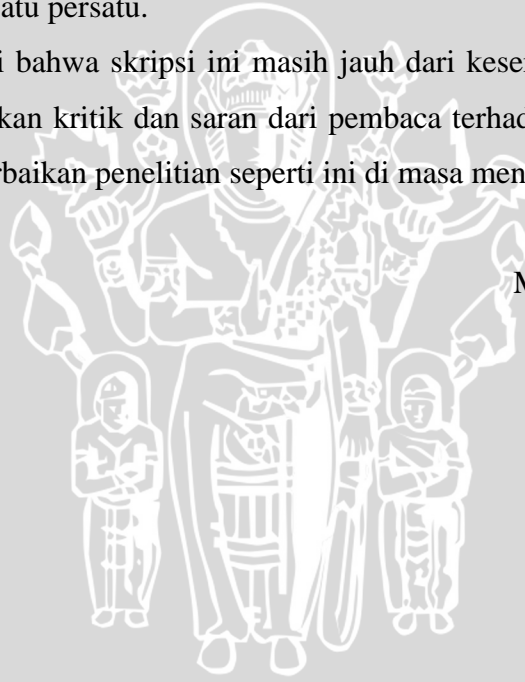
1. Bapak Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, yang telah memberi motivasi, ilmu, serta arahan kepada penulis.
2. Bapak Arif Rahman, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dan Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan dan saran yang membangun dalam menyusun skripsi ini.
3. Bapak Remba Yanuar Efranto, ST., MT. selaku Ketua Kelompok Manajemen Sistem Industri yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat, saran, serta bimbingan untuk kesempurnaan tugas akhir ini.
4. Bapak Zefry Darmawan, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah dengan sabar membantu penulis, memberikan banyak saran dan masukan yang bermanfaat.
5. Bapak dan Ibu dosen pengamat/penguji pada Seminar Proposal, Seminar Hasil, dan Ujian Komprehensif atas saran dan masukannya, serta seluruh dosen Teknik Industri yang telah banyak mencurahkan ilmunya kepada penulis.
6. Bapak dan Ibu karyawan PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengadakan penelitian.
7. Papa dan Mamaku tercinta, Yersia Bangun, SE dan Mama Dr. Dra. Okianna Tarigan, M.Si. yang selalu tidak pernah lelah untuk mendukung, memotivasi, dan mendoakan penulis.
8. Abang Tua tercinta, Yudi Aris Ananta Bangun, SE yang selalu memberi motivasi, semangat, dan doa bagi penulis dalam menjalani kuliah dan mengerjakan skripsi.
9. Adek tercinta, Dewi Puspa Maharani Bangun yang selalu mendoakan penulis dalam menjalani kuliah dan mengerjakan skripsi.

10. Winda Chyntia Devi br Ginting yang sudah meluangkan waktu, dan memberikan dukungan, serta doa kepada penulis.
11. Seluruh saudara-saudaraku Permata GBKP perp. Malang yang tidak pernah lelah untuk mendukung, mendoakan, dan memberi semangat kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
12. Seluruh saudara-saudaraku asisten Laboratorium Simulasi dan Aplikasi Industri Rochsi, Adam, Faizal Randy, Hilal, Ajib, Ridha, Ega, Nella, Shabrina, Astari, Ririd, dan Sindy yang selalu memberikan motivasi dan dukungan bagi penulis dalam penyusunan skripsi ini.
13. Seluruh teman-teman Teknik Industri 2010 (INSURGENT) atas motivasi, dukungan dan partisipasinya.
14. Segenappihak yang telah mendukung terselesaikannya tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca terhadap skripsi yang telah penulis susun demi perbaikan penelitian seperti ini di masa mendatang.

Malang, Agustus 2014

Penulis



## RINGKASAN

**IRAWAN HARNADI BANGUN**, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Agustus 2014, Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II Pada Mesin *Blowing* OM (Studi Kasus di PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang), Dosen Pembimbing: Arif Rahman dan Zefry Darmawan.

PT. Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang adalah perusahaan yang memproduksi benang. Kerusakan mesin merupakan masalah yang sering dihadapi perusahaan. Kerusakan mesin menyebabkan terhambat produksi benang, Untuk mengurangi tingginya downtime tersebut dibutuhkan suatu kebijakan perawatan yang optimal agar mesin dapat beroperasi secara maksimal.

Pada penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II. Penelitian ini dimulai dengan penentuan mesin dan komponen kritis. Selanjutnya melakukan pengolahan data kualitatif dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menentukan prioritas penanganan dari setiap jenis kerusakan komponen kritis, melakukan pemilihan kebijakan perawatan dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II yang dituangkan pada *RCM decision worksheet*. Pengujian kesesuaian distribusi data *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR) menggunakan uji *Mann*. Distribusi TTF diperlukan untuk mengetahui sebaran waktu kerusakan, sedangkan distribusi TTR diperlukan untuk mengetahui sebaran waktu perawatan atau penggantian *spare part*. Selanjutnya melakukan perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF), *Mean Time to Repair* (MTTR), perhitungan interval perawatan, dan total biaya perawatan optimal.

Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa komponen kritis pada mesin *Blowing* OM berdasarkan frekuensi kerusakan mesin dan total *downtime* adalah komponen *flat belt* dan *spike lattice*. Hasil analisis interval perawatan adalah permukaan karet *flat belt* tidak rata sebesar 510 jam, karet *flat belt* longgar 260 jam, *flat belt* putus 580 jam, kayu *spike lattice* patah 620 jam, dan paku *spike lattice* patah 500 jam. Dari total biaya perawatan optimal diperoleh hasil Permukaan karet *flat belt* tidak rata sebesar Rp 7.973.519,82, karet *flat belt* longgar Rp 11.000.673,81, *flat belt* putus sebesar Rp 14.061.553,06, kayu *spike lattice* patah sebesar Rp 19.170330,63, dan paku *spike lattice* patah sebesar 30.880.512,66. Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II dibandingkan dengan total biaya perawatan sebelumnya terjadi penurunan biaya perawatan dalam mesin *Blowing* OM sebesar 10,27%.

Kata kunci: *Reliability Centered Maintenance (RCM) II, Maintenance, MTTF, MTTR, Failure Mode and Effect Analysis*

### SUMMARY

**IRAWAN HARNADI BANGUN**, Departement of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, August 2014, Production Machine Maintenance Planning with RCM II in Blowing OM Machine (Case Study: PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang), Supervisor: Arif Rahman and Zefry Darmawan

PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang relies on appropriate maintenance system to sustain production process. PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang is a company which produces yarn. PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang controls the spare part replacement of production facilities based on corrective maintenance and preventive maintenance. It replaces spare part only when it has been failure, without a decent periodic replacement schedule. Machine failure is a problem in company. Machine failure makes production in company can not optimally. Maintenance policy is needed to reduce the downtime so the machine can operate optimally.

This research used Reliability Centered Maintenance (RCM) II method. This research begins with the determination of the critical engine and components. Furthermore, researcher is using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) to determine the handling priority of critical components damages and perform maintenance policy selection using RCM II as outlined in RCM decision worksheet. The next step was doing suitability test of the data distribution Time to Failure (TTF) and Time to Repair (TTR) using Mann test. TTF distribution is needed to determine the distribution of the time of damage, while the distribution of TTR is needed to determine the distribution of a maintenance or replacement of spare parts. The next step are calculate MTTF, MTTR, maintenance interval and optimum total maintenance cost.

The result that the critical components is Blowing OM machine because the highest downtime. Based on the frequency of machine damage and total engine failure downtime are flat belt and spike lattice. The results of optimal maintenance intervals are 510 hours for unflat rubber flat belt, 260 hours for rubber flat belt loose, 580 hours for flat belt broke, 620 hours for broken wooden spike lattice, and 500 hours for broken nail spike lattice. The total cost of the optimal treatment results obtained for unflat rubber flat belt at Rp 7.973.519,82, rubber flat belt loose at Rp 11.000.673,81, flat belt broke at Rp 14.061.553,06, broken wooden spike lattice at Rp 19.170.330,63, and nail broken spike lattice at Rp 30.880.512,66. The total cost maintenance using RCM II compared to the total maintenance cost before has decreased the cost of maintenance cost in Blowing OM machine of 10,27 %.

Keywords: Reliability Centered Maintenance (RCM) II, Maintenance, MTTF, MTTR, Failure Mode and Effect Analysis



## BAB I PENDAHULUAN

Dalam melaksanakan penelitian diperlukan hal-hal penting yang digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaannya. Bab ini akan menjelaskan mengenai latar belakang mengapa permasalahan ini diangkat, identifikasi masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, dan manfaat penelitian yang dilaksanakan.

### 1.1 Latar Belakang

Di dalam dunia industri, produk merupakan hasil utama dari suatu proses produksi yang membentuk suatu sistem proses produksi. Sistem proses produksi terdiri dari *input*, proses operasi, dan *output*. Agar suatu sistem proses produksi dapat terus berjalan, maka dibutuhkan kegiatan-kegiatan pemeliharaan (*maintenance*) terhadap peralatan dan mesin-mesin produksi. Menurut Assauri (1993), perawatan diartikan sebagai suatu kegiatan pemeliharaan fasilitas pabrik serta mengadakan perbaikan, penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar suatu keadaan operasi produksi sesuai dengan yang direncanakan. Perawatan telah menjadi salah satu hal yang sangat diperhatikan dalam dunia industri karena memberikan peranan yang besar dalam sistem produksi. Peranan kegiatan perawatan menjaga agar sistem tetap bekerja dan produk dapat dihasilkan tepat waktu serta memiliki kualitas produk sesuai yang diharapkan. Hal ini dapat dicapai dengan cara mengurangi kemacetan atau kendala sekecil mungkin, sehingga sistem dapat bekerja secara efisien. Namun seringkali yang terjadi adalah kelalaian dan perawatan baru diingat apabila kerusakan telah terjadi dalam sistem produksi yang menyebabkan penambahan biaya perawatan. Namun apabila perawatan dilakukan dengan menyeluruh dan teratur maka akan berguna untuk menjamin kontinuitas proses produksi dan umur dari fasilitas produksi itu.

Mesin-mesin produksi yang sudah tua adalah salah satu penyebab utama tingginya *downtime*. Tingginya *downtime* pada mesin merupakan masalah yang rata-rata dihadapi perusahaan sekarang ini. Kondisi ini tentu akan mengakibatkan proses produksi pada perusahaan menjadi tidak efisien.

Patal Lawang adalah perusahaan yang memproduksi benang dengan tipe R 30. Di Patal Lawang mesin-mesin produksi beroperasi selama 22,5 jam dalam 1 hari. Permasalahan yang sering terjadi di Patal Lawang adalah kondisi mesin yang sudah tua. Kondisi mesin yang tua menyebabkan tingginya *downtime* dari masing-masing mesin. Kegiatan perawatan yang selama ini telah diterapkan oleh Patal Lawang adalah kegiatan *overhaul*. Tujuannya untuk melakukan perbaikan agar tidak menghambat proses produksi. Disamping kegiatan *overhaul*, Patal Lawang juga melaksanakan tindakan *preventive maintenance*, yaitu tindakan perawatan mesin-mesin produksi yang dilakukan setiap hari. Tetapi meskipun telah dilakukan kegiatan perawatan *overhaul* dan *preventive maintenance* tetap saja masih terjadi kerusakan pada saat mesin beroperasi.

Di Patal Lawang memiliki beberapa mesin produksi dalam pembuatan benang R30, seperti mesin *Blowing*, *Carding*, *Drawing*, *Speed*, *Spinning*, dan *Mach corner*. Proses produksi benang R 30 pada Patal Lawang akan terlebih dahulu melewati mesin *Blowing* kemudian *Carding*, *Drawing*, *Speed*, *Spinning* dan yang terakhir *Mach corner*. Jumlah tiap mesin produksi di Patal Lawang berbeda-beda. Untuk mesin *Blowing* terdapat 2 buah jenis yang sama, mesin *Carding* terdapat 30 buah jenis mesin yang sama, *Drawing* terdapat 4 buah mesin yang sama, *Speed* memiliki 4 buah mesin yang sama, *Spinning* memiliki 42 buah mesin yang sama, dan *Mach corner* memiliki 4 buah jenis mesin yang sama.

Dari data yang didapatkan pada tahun 2011-2013 di Patal Lawang didapatkan *downtime* mesin *Blowing* sebesar 2488 jam, mesin *Carding* sebesar 19233,95 jam, mesin *Drawing* sebesar 3667,8 jam, mesin *Speed* sebesar 3302 jam, mesin *Spinning* sebesar 31953,6 jam dan *Mach corner* sebesar 2175,4 jam. *Downtime* tersebut di *breakdown* kembali untuk mendapatkan *downtime* tertinggi dari tiap-tiap mesin produksi di Patal Lawang. Setelah dilakukan *breakdown* dari data *downtime* di dapat *downtime* tertinggi berada pada mesin *Blowing* OM, *Carding* 2, dan *Spinning* 14 dengan *downtime* dari masing-masing mesin, yaitu *Blowing* OM sebesar 1506,4 jam, *Carding* 2 sebesar 1410,5 jam dan *Spinning* 14 1453,2 jam. Dari ketiga mesin ini terdapat beberapa komponen yang sering mengalami kerusakan. Tabel 1.1 merupakan frekuensi kerusakan dari masing-masing mesin.

Tabel 1.1 Frekuensi Kerusakan Komponen Mesin *Blowing OM*, *Carding 2*, dan *Spinning 14*

<i>Blowing OM</i>	Frekuensi	<i>Carding 2</i>	Frekuensi	<i>Spinning 14</i>	Frekuensi
<i>Flat Belt</i>	176	<i>Feeding Latice</i>	23	<i>V-Belt</i>	55
<i>Callender Roller</i>	54	<i>Belt Lacing</i>	50	<i>Bottom Roller</i>	33
<i>Silinder Screen</i>	38	<i>Flat Belt</i>	91		
<i>Gear Box</i>	6	<i>Bottom Latice</i>	34		
<i>Spike Lattice</i>	70				

Sumber : PT Industri Sandang Nusantara 2011-2013

Berdasarkan data *downtime* dan frekuensi yang didapat di PT Industri Sandang Nusantara (Patal Lawang) dengan rentang tahun 2011-2013 didapatkan *downtime* dan frekuensi yang paling besar terdapat pada mesin *Blowing OM* bila dibandingkan dengan mesin-mesin yang lain di Patal Lawang. Oleh maka itu, studi kasus penelitian ini akan berfokus pada mesin *Blowing OM*. Lamanya waktu *downtime* mesin menjadi salah satu faktor yang menghambat kelancaran proses produksi perusahaan. *Downtime* yang tinggi pada PT Industri Sandang Nusantara (Patal Lawang) menyebabkan proses produksi menjadi tidak efisien.

Salah satu metode untuk meningkatkan efisiensi di PT Industri Sandang Nusantara (Patal Lawang) dengan penerapan sistem kebijaksanaan perawatan yang tepat. *Reliability Centered Maintenance (RCM) II* merupakan metode penggabungan analisa kualitatif dan kuantitatif dalam penentuan program pemeliharaan (Moubray 1997). Analisa kualitatif terdapat pada tindakan perawatan yang diusulkan (*Proposed Task*) dan diambil apakah itu *scheduled restoration task*, *scheduled discard task*, dan *scheduled on condition task*, sedangkan analisa kuantitatif terdapat pada penentuan *initial interval* atau interval perawatan dengan mempertimbangkan biaya perawatan dan perbaikan komponen. Sehingga penentuan interval perawatan yang didapat akan memberikan nilai total *cost* yang minimum, semuanya akan dituangkan ke dalam *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* diagram dan *RCM II Decision* diagram yang tergabung dalam *RCM II Decision Worksheet*.

Dari uraian diatas maka penelitian ini dilakukan untuk merencanakan kebijakan perawatan yang optimal untuk mempertahankan proses produksi pada kondisi yang optimal dengan menggunakan metode *RCM II*. Metode *RCM II* mempunyai kelebihan dalam penentuan program pemeliharaan yang difokuskan pada komponen

atau mesin-mesin kritis (*critical item list*) dan menghindari kegiatan perawatan yang tidak diperlukan dengan menentukan interval pemeliharaan yang tepat (Moubray 1997).

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan data diatas maka dapat diidentifikasi sebagai berikut.

1. Penyebab utama tingginya *downtime* yang terjadi di PT Industri Sandang Nusantara (Patal Lawang) dikarenakan mesin produksi yang sudah tua.
2. Di PT Industri Sandang Nusantara (Patal Lawang) telah menerapkan *preventive maintenance* namun masih sering terjadi *downtime* pada mesin pada produksi yang sedang berjalan.

## 1.3 Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang masalah di atas, maka rumusan masalah yang akan dibahas, sebagai berikut.

1. Apa komponen kritis pada mesin *Blowing OM* yang perlu mendapatkan prioritas utama untuk dilakukan RCM II ?
2. Bagaimana perawatan yang optimal yang direncanakan pada masing-masing komponen kritis setelah dilakukan RCM II ?

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan komponen kritis mesin *Blowing OM* dalam proses produksi.
2. Menentukan interval perawatan yang optimal pada komponen kritis mesin *Blowing OM*.
3. Menentukan penjadwalan pemeliharaan yang optimal dengan mempertimbangkan biaya pemeliharaan yang dilakukan perusahaan dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM) II*.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, maka manfaat penelitian yang dapat diambil adalah :

1. Memberikan informasi kepada PT Industri Sandang Nusantara (Patal Lawang) mengenai mesin dan komponen kritis sehingga dapat dilakukan evaluasi dan perbaikan terhadap mesin dan komponen kritis tersebut.
2. Memberikan saran ataupun pertimbangan mengenai strategi perawatan sesuai mesin dan komponen kritis dengan menggunakan metode RCM II,
3. Memberikan masukan dengan mempertimbangkan risiko kegagalan dan biaya pemeliharaan yang dikeluarkan oleh perusahaan.

### 1.6 Batasan Masalah

Dalam melaksanakan perencanaan pemeliharaan mesin-mesin maka perlu diberikan batasan-batasan agar tidak terlalu melebar pembahasannya. Adapun batasan yang diambil adalah komponen-komponen kritis yang terlibat khususnya pada satu lini yang dirasakan paling kritis.

1. Data-data historis untuk penelitian ini diambil dari tahun 2011-2013.
2. Pembahasan hanya dilakukan pada mesin *Blowing* OM di PT Industri Sandang Nusantara (Patal Lawang).
3. Data waktu kerusakan dan perbaikan diambil dari tahun 2011-2013.
4. Biaya yang diambil adalah biaya aktivitas perawatan.

### 1.7 Asumsi

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Mesin-mesin masih layak untuk beroperasi.
2. Proses perbaikan yang dilakukan diasumsikan berjalan baik.
3. Mesin-mesin pada PT Industri Sandang Nusantara (Patal Lawang) tidak mengalami perubahan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam melakukan penelitian diperlukan dasar-dasar teori dan argumen yang berhubungan dengan konsep-konsep permasalahan penelitian dan akan dipakai dalam analisis. Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa dasar-dasar teori dan argumentasi yang digunakan dalam penelitian.

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian telah dilakukan berkenaan dengan manajemen perawatan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II dan dijadikan referensi dalam penelitian ini. Berikut merupakan *review* dari beberapa penelitian sebelumnya, berikut ini merupakan penelitian terdahulu yang dijadikan referensi.

1. Syahrial 2013, melakukan penelitian berjudul “Penerapan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II pada Mesin *Rotary Kiln* terhadap Produktivitas Semen Di PT Semen Gresik (Persero) Tbk”. Penelitian ini bertujuan untuk menjaga efektivitas dan efisiensi proses produksi semen di PT Semen Gresik, maka diperlukan suatu sistem perawatan yang baik. Perusahaan perlu menjaga alat-alat permesinan tersebut melalui perencanaan sistem perawatan mesin yang baik agar mesin yang digunakan dapat beroperasi secara maksimal dan tidak mengalami banyak gangguan kerusakan pada saat digunakan proses produksi.

Salah satu mesin yang terpenting dalam menentukan kualitas proses produksi semen yaitu mesin *rotary kiln*. Kegagalan yang muncul pada mesin ini akan berpotensi menimbulkan gangguan terhadap proses produksi dan akan menghambat kelangsungan produksi mesin yang lain. Melalui ketentuan yang berdasarkan dari sering terjadinya kerusakan pada komponen mesin *rotary kiln* dan lama *downtime* akibat kerusakan, maka didapatkan 4 komponen penting yang menjadi fokus penelitian.

Metode yang digunakan dalam penelitian in adalah metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II. Metode RCM II digunakan untuk menentukan jenis kegiatan perawatan yang tepat terhadap suatu peralatan melalui analisa terhadap dampak yang ditimbulkan suatu kegagalan dengan tabel FMEA dan RCM II *Decision Diagram*.

2. Hamid (2012) yang berjudul “Sistem Perencanaan Perawatan Mesin dan Sistem Persediaan Suku Cadang dengan Pendekatan *Reliability Centered Maintenance* II dan *Reliability Centered Spares* pada PT X”. Menjelaskan bahwa bagaimana melakukan penekanan *downtime* terhadap mesin *Hydraulic Cutting Plane*, *Back Part Moulding*, dan *Zig Zag* sebagai mesin yang dianggap memiliki nilai kritis yang tinggi yaitu sebesar  $\leq 80\%$ . Dalam pelaksanaannya diawali dengan pembuatan *Failure Mode and Effect Critically Analysis (FMECA)*, *RCM II Information Worksheet* dan *RCM II decision worksheet*. Dari hasil penelitian ini didapatkan *proposed task* berupa *scheduled on condition task* pada komponen *hydraulic motor*, motor pompa, *foot switch*, *hook/gamma* dan *v-belt* pada mesin *zig zag* serta *scheduled discard task* pada komponen *plut cutting*, *limit switch*, *V-Belt*, *blower motor*, *gear wheels*, dan motor mesin.
3. Aji, Sang (2012) Perancangan “Kegiatan Perawatan dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* II di Unit *Crusher* PT Semen Gresik (Persero)”. Salah satu komponen vital yang menunjang proses produksi bagi PT Semen Gresik (Persero) yaitu unit *crusher* sering mengalami masalah yang terus berulang (*Repetitive Problem*), sehingga kegiatan produksi pun sering kali terhenti. Masalah tersebut adalah kerusakan yang terus berulang pada beberapa komponen mesin membuat kinerja mesin pada unit *crusher* kurang optimal. Selama ini di unit *crusher* kurang optimal. Selama ini di unit *crusher* PT Semen Gresik (Persero) masih menggunakan sistem perawatan berkala *Preventive Maintenance*. Namun permasalahan tersebut masih menjadi masalah yang sering muncul.

Untuk itu diperlukan metode yang mampu mengatasi permasalahan yang selalu berulang tersebut. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Fault Tree Analysis (FTA)* untuk menganalisis secara kuantitatif dan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* untuk mengetahui kegagalan fungsional dan efek kegagalan serta mengetahui waktu dan biaya optimal perawatan mesin *crusher*. Serta menghitung biaya perbaikan optimal terhadap kegagalan komponen yang terjadi.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan ada 6 komponen kritis yaitu *Wobbler 243BC3*, *Hopper 243EN3*, *Rotor 243BC3*, *Apron 243BC3*, *Rotary 243BC3*, *Oil Plate 243BC3*. Penelitian ini juga mengkategorikan 3 kategori

*maintenance task*. Yaitu perawatan mesin yang dilakukan untuk *Wobbler* 4 hari, *Hopper* 4 hari, *Rotor* 2 hari, *Apron* 3 hari, *Rotary* 4 hari, dan *Oil plate* 2 hari. Dan biaya optimal perawatan mesin *Crusher* sebesar Rp. 2.463.200,675 per jam.

Tabel 2.1 merupakan tabel perbandingan antara penelitian terdahulu dengan penelitian ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Ini

Penelitian	Syahrial (2013)	Hamid (2012)	Sang Aji (2012)	Penelitian ini (2014)
Judul Penelitian	Penerapan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) II Pada Mesin <i>Rotary Kiln</i> Terhadap Produktivitas Semen Di PT Semen Gresik (Persero) Tbk	Sistem Perencanaan Perawatan Mesin dan Sistem Persediaan Suku Cadang Dengan Pendekatan <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) II dan <i>Reliability Spares</i> (RCS) pada PT X.	Kegiatan Perawatan dengan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> II di Unit <i>Crusher</i> PT Semen Gresik (Persero).	Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi dengan Menggunakan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> II di PT Industri Sandang Nusantara (Patal Lawang).
Metode	FMEA, dan RCM II	FMECA, RCM II, dan RCS	FTA, FMEA, dan RCM II	FMEA dan RCM II
Objek Penelitian	PT Semen Gresik (Persero)	PT X	PT Semen Gresik (Persero)	PT Industri Sandang Nusantara (Patal Lawang)



Penelitian	Syahrial (2013)	Hamid (2012)	Aji (2012)	Penelitian ini (2014)
Rekomendasi Perbaikan	YA	YA	YA	YA

## 2.2 Pengertian dan Tujuan Pemeliharaan

Pemeliharaan atau perawatan (*maintenance*) adalah upaya yang dilakukan untuk menjamin suatu aset atau sistem yang bekerja secara kontiyu mampu melakukan sesuai dengan yang diinginkan penggunaanya (Moubray 1997). Menurut Corder (1996) *maintenance* merupakan suatu kombinasi dari tindakan-tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam atau memperbaikinya sampai suatu kondisi bisa diterima. Sedangkan menurut Assauri (1993) pemeliharaan (*maintenance*) didefinisikan sebagai kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas/peralatan dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian/penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

Dari beberapa definisi di atas dapat disimpulkan bahwa pemeliharaan (*maintenance*) sebagai upaya yang dilakukan untuk menjamin suatu sistem atau komponen sistem untuk melakukan fungsinya sesuai dengan yang diharapkan penggunaanya dengan kombinasi dan tindakan-tindakan perbaikan atau penyesuaian serta penggantian yang diperlukan.

Tujuan *maintenance* adalah untuk menjaga agar kondisi semua mesin dan peralatan selalu dalam keadaan siap pakai secara optimal pada setiap dibutuhkan sehingga dapat menjamin kelangsungan produksi serta untuk memperpanjang masa penggunaan (umur produktif) peralatan maupun untuk menjamin keselamatan kerja sehingga memberikan kenyamanan kerja yang optimal. Dengan demikian yang menjadi tujuan utama pemeliharaan adalah:

1. Mesin/peralatan dapat digunakan sesuai dengan rencana dan tidak mengalami kerusakan selama jangka waktu tertentu yang telah direncanakan tercapai.
2. Untuk memperpanjang umur/masa pakai dari mesin/peralatan.
3. Menjamin agar setiap mesin/peralatan dalam kondisi baik dan dalam keadaan dapat berfungsi dengan baik.
4. Dapat menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi.

5. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
6. Memaksimalkan ketersediaan semua mesin/peralatan untuk mengurangi *downtime*.
7. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.
8. Dapat mendukung upaya memuaskan pelanggan.

### 2.2.1 Jenis-Jenis Pemeliharaan

Secara garis besar pemeliharaan (*maintenance*) dibedakan menjadi dua hal, yaitu:

#### 1. *Planned Maintenance*

Suatu tindakan atau kegiatan perawatan yang mana pelaksanaannya telah direncanakan terlebih dahulu.

#### 2. *Unplanned Maintenance*

Suatu tindakan atau kegiatan yang mana pelaksanaannya telah direncanakan.

Pemilihan kegiatan perawatan tersebut didasarkan atas sifat dari kerusakan atau pada peralatan, apakah bersifat terprediksi atau tidak terprediksi. Selain itu pemilihan juga didasari atas biaya yang ditanggung apabila menerapkan salah satu jenis kegiatan perawatan. *Preventive maintenance* adalah tindakan perawatan untuk mencegah terjadinya kerusakan. *Corrective Maintenance* adalah tindakan perawatan setelah terjadinya kerusakan.

#### 2.2.1.1 *Reactive Maintenance*

*Reactive maintenance (breakdown or corrective maintenance)* merupakan strategi pemeliharaan atau perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan. *Reactive maintenance* sering disebut kegiatan perbaikan atau reparasi yang waktu pelaksanaannya tidak direncanakan (*unplanned maintenance*). Dalam hal ini kegiatan *reactive maintenance* mempunyai prinsip operasikan peralatan sampai terjadi kerusakan dan perbaikan ketika rusak. Perbaikan dilakukan ketika penurunan performa dari komponen atau peralatan sudah menghasilkan kerusakan yang dapat terjadi akibat menurunnya kemampuan dari fasilitas karena semakin lamanya waktu operasi peralatan atau komponen.

### 2.2.1.2 Preventive Maintenance

*Preventive Maintenance* adalah suatu strategi pemeliharaan yang waktu pelaksanaannya telah direncanakan (*planned maintenance*) untuk mencegah atau menghindari suatu peralatan atau sistem mengalami kerusakan. Pemeliharaan jenis ini dilakukan tanpa mempertimbangkan kondisi komponen. Terdapat kategori kegiatan perawatan pencegahan (*preventive maintenance*), antara lain:

1. *Condition Directed*

Merupakan kegiatan yang bertujuan untuk mendeteksi awal terjadinya kerusakan dan memperkirakan waktu-waktu yang menunjukkan suatu peralatan akan mengalami kegagalan dalam menjalankan operasinya.

2. *Time Directed*

Merupakan kegiatan yang bertujuan secara langsung mencegah atau memperlambat terjadinya kerusakan dan dilakukan secara periodik sampai peralatan tidak dapat diperbaiki kembali.

3. *Failure Finding*

Merupakan kegiatan yang bertujuan menemukan kerusakan yang tersembunyi dalam menjalankan operasinya. Pada sistem yang besar dan kompleks hampir seluruh peralatan pernah mengalami kerusakan tersembunyi.

4. *Run to Failure*

Merupakan suatu keputusan mengoperasikan peralatan sampai terjadi kerusakan karena ditinjau dari segi ekonomis tidak menguntungkan jika dilakukan perawatan

### 2.2.1.3 Predictive Maintenance

*Predictive Maintenance* atau *condition monitoring* merupakan pemeliharaan yang dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi komponen dengan mendeteksi indikasi terjadinya kegagalan. Proses mendeteksi indikasi terjadinya kegagalan dengan memonitor perubahan atau kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi dari sistem atau peralatan dari waktu ke waktu. Dari kegiatan memonitor kondisi ini akan didapatkan *trend* dari kondisi peralatan dari waktu ke waktu. Pendekatan yang digunakan dalam memonitor kondisi komponen adalah:

1. Antisipasi kegagalan dari pengalaman sebelumnya (*past experience*), seringkali pengalaman sebelumnya dapat digunakan untuk menentukan interval terjadinya kegagalan untuk masa yang akan datang.

2. Statistik distribusi kegagalan (*failure distribution statistic*), penggunaan statistik adalah untuk menentukan periode kegiatan, dimana distribusi dan probabilitas kegagalan harus diketahui untuk memperkirakan periode akan terjadinya kegagalan.
3. Pendekatan konservatif (*conservative approach*), memonitoring secara rutin (tiap minggu atau tiap bulan).

### 2.3 Reliability Centered Maintenance II

*Reliability centered maintenance II* adalah suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang seharusnya dilakukan untuk menjamin setiap *item* fisik atau suatu sistem dalam berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan oleh penggunanya (Moubray 1997). *Reliability centered maintenance* mengarahkan pada penanganan *item* agar tetap handal dalam menjalankan fungsinya dengan tetap mengacu pada efektifitas biaya perawatan. *Reliability centered maintenance* merupakan teknik manajemen perawatan yang mengkombinasikan dua jenis tindakan pencegahan yaitu *preventive maintenance* dan *predictive maintenance* dimana *preventive maintenance* telah dijelaskan sebelumnya. *Predictive maintenance* adalah pemeliharaan berdasarkan penilaian atau analisa kondisi (*condition base*) komponen-komponen mesin secara keseluruhan.

Keuntungan dari metode RCM II ini adalah:

1. Penentuan program pemeliharaan difokuskan pada komponen atau mesin-mesin kritis (*critical item list*) dan menghindari kegiatan perawatan yang tidak diperlukan dengan menentukan interval pemeliharaan yang tepat.
2. Menggabungkan analisa kualitatif dalam penentuan program pemeliharaan. Analisa kualitatif terdapat pada tindakan perawatan yang diusulkan (*proposed task*) atau diambil. Sedangkan analisa kuantitatif terdapat pada penentuan *initial interval* atau interval perawatan dengan mempertimbangkan biaya perawatan dan perbaikan komponen sehingga penentuan interval perawatan yang didapat akan memberikan nilai total *cost* yang minimum

Penelitian tentang *Reliability centered maintenance* pada dasarnya menjawab 7 pertanyaan utama tentang *item* atau peralatan yang diteliti (Moubray 1997). Ketujuh pertanyaan mendasar tersebut, sebagai berikut.

1. Apakah fungsi dan hubungan performansi standart dari *item* dalam konteks operasional pada saat ini (*system standart*) ?

2. Bagaimana *item* atau peralatan tersebut rusak dalam menjalankan fungsinya (*functional failure*) ?
3. Apa yang menyebabkan terjadinya kegagalan fungsi tersebut (*failure modes*) ?
4. Apakah yang terjadi saat terjadi kerusakan (*failure effect*) ?
5. Bagaimana masing-masing kerusakan itu terjadi (*failure consequence*) ?
6. Apakah yang dapat dilakukan apabila kegiatan proaktif yang sesuai tidak berhasil ditemukan (*default action*) ?
7. Apakah yang harus dilakukan apabila kegiatan proaktif yang sesuai tidak berhasil ditemukan (*default action*)?

*Reliability centered maintenance* lebih menitikberatkan pada penggunaan analisa kualitatif untuk komponen yang dapat menyebabkan kegagalan pada suatu sistem. Ketujuh pertanyaan diatas dituangkan dalam bentuk *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan RCM *decision diagram* tergabung dalam RCM *Decision worksheet*.

### 2.3.1 System Function and Function Failure

*System Function* didefinisikan sebagai fungsi *item* yang diharapkan oleh *user* tetapi masih berada dalam level kemampuan dari *item* tersebut sejak dibuat. Sistem *maintenance* hanya mampu menjaga kondisi *item* tetap berada di bawah *initial capability* dari desain *item*. *Function* merupakan fungsi utama dari mesin yang diharapkan *user*, sedangkan *function failure* merupakan kegagalan mesin melaksanakan fungsi utama yang diharapkan *user*.

### 2.3.2 Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

Besterfield (2003) mendefinisikan FMEA sebagai teknik analisis yang menggabungkan teknologi dan pengalaman beberapa orang dalam mengidentifikasi mode kegagalan dari suatu produk atau proses dan perencanaan untuk eliminasinya. Dengan kata lain, FMEA dapat dijelaskan sebagai kumpulan aktivitas, sebagai berikut.

1. Mengenali dan mengevaluasi potensi kegagalan suatu produk atau proses dan efeknya.
2. Mengidentifikasi tindakan yang dapat menghilangkan atau mengurangi kemungkinan kegagalan potensial.

### 3. Dokumentasi Proses

Desain FMEA membantu dalam proses desain dengan mengidentifikasi *mode* kegagalan yang diketahui dan menentukan peringkat berdasarkan dampak relatif pada produk. Implementasi FMEA membantu menetapkan prioritas berdasarkan kegagalan, tingkat keparahan dari kegagalan, membantu mengetahui kelalaian, dan kesalahan yang mungkin dibuat. Lebih lanjut, desain FMEA mengurangi waktu pengembangan dan biaya proses produksi dengan menghilangkan banyak *failure mode* yang potensial sebelum operasi proses dan dengan menentukan kontrol yang sesuai untuk produk yang dirancang (Besterfield 2003). Tabel 2.2 menunjukkan resiko aktual FMEA.

Tabel 2.2 *Failure Mode and Effect Analysis*

<i>Function</i>	<i>Item</i>	<i>Potential Failure Mode</i>		<i>Potential Effect of Failure</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Cause of Failure</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Current Design Control</i>	<i>Detection</i>	RPN
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Sumber : Besterfield (2003)

Keterangan :

1. *Function*, berisi informasi tentang fungsional mesin/area.
2. *Item*, bagian dari suatu fungsional.
3. Nomor urut untuk potensial *failure mode*.
4. *Potential failure mode* (jenis kegagalan potensial) yang terjadi.
5. Dampak kegagalan potensial meliputi dampak pada *customer*, dampak pada proses selanjutnya, dampak pada proses lokal.
6. *Severity* adalah nilai *range* 1-10 yang menunjukkan tingkat keseriusan dari kegagalan, semakin besar angka yang diberikan semakin besar tingkat keseriusannya.
7. Penyebab kegagalan potensial.
8. *Occurance*, adalah nilai *range* dari 1-10 yang menunjukan frekuensi kejadian yang terjadi. Semakin besar nilai yang diberikan semakin sering kejadiannya.
9. Sistem yang digunakan untuk mendeteksi kegagalan.

10. *Detection*, kemampuan sistem untuk mendeteksi terjadinya cacat/kegagalan. Nilai yang kecil menunjukkan bahwa sistem dapat mendeteksi kegagalan dengan tepat.

11. *Risk Priority Number* (RPN) adalah hasil dari perkalian *severity*, *occurance* dan *detection* yang merupakan nilai/bobot akhir dari data resiko aktual. Semakin besar nilai RPN maka semakin besar pula resiko aktualnya.

### 2.3.2.1 Menentukan *Severity*, *Occurance* dan *Detection*

Untuk menentukan prioritas dari bentuk suatu kegagalan, maka tim FMEA harus mendefinisikan terlebih dahulu mengenai *severity*, *occurance*, *detection* dan hasil akhirnya yang berupa *risk priority number*.

#### 1. *Severity*

Merupakan langkah pertama untuk menganalisis resiko yaitu menghitung seberapa besar dampak/intensitas kejadian mempengaruhi output proses. Dampak tersebut dimulai dari skala 1 sampai 10, dimana 10 merupakan dampak terburuk. Berikut kriteria evaluasi *severity* oleh Field (1996) dijelaskan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Contoh Kriteria Evaluasi dan Sisten Peningkat untuk *Severity*

Rating <i>Severity</i> pada FMEA		
Ranking	Akibat/ Effect	Akibat pada Produksi
1	Tidak ada akibat	Tidak berdampak atau memberi dampak minimal pada mesin.
2	Akibat sangat ringan	Memberikan gangguan <i>minor</i> pada mesin.
3	Akibat ringan	Gangguan pada mesin tetapi tidak memberikan kerugian pada fungsi utama mesin.
4	Akibat <i>minor</i>	Memberikan keuntungan yang tepat ( <i>Possible</i> ) pada manufaktur.
5	Akibat moderat	Memberikan keuntungan yang pasti ( <i>definite</i> ) pada manufaktur.
6	Akibat signifikan	Kegagalan yang menuju kepada pelanggaran terhadap kebutuhan menurut peraturan perusahaan.
7	Akibat <i>major</i>	Kegagalan yang menuju pada kerusakan atau lebih dari <i>safety critical</i> (kritis keselamatan) terkait pada permasalahan dengan <i>back up</i> sekunder.
8	Akibat <i>ekstream</i>	Permasalahan kritis, penurunan fungsi dengan kerusakan yang mungkin berbahaya.
9	Akibat serius	Kegagalan penuh dengan gangguan yang mungkin berbahaya atau kerugian umur mesin.
10	Akibat berbahaya	Kegagalan <i>catastrophic</i> dengan kemungkinan besar kehilangan umur mesin

Sumber : Field (1996)

2. Occurance

Occurance adalah kemungkinan bahwa penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan produk dengan memperkirakan kemungkinan *occurance* pada skala 1 sampai 10. Contoh kriteria evaluasi untuk *occurance* dijelaskan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Contoh Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat untuk *Occurance*

Rating Kejadian ( <i>Occurance</i> ) pada FMEA			
Ranking	Kejadian	Kriteria Verbal	Tingkat Kejadian Kegagalan
1	Hampir tidak pernah	Kerusakan yang hampir tidak pernah terjadi	Lebih dari 10.000 jam operasi mesin.
2	Remote	Kerusakan jarang terjadi	6001-10.000 jam operasi mesin.
3	Sangat sedikit	Kerusakan yang terjadi sangat sedikit	3001-6000 jam operasi mesin.
4	Sedikit	Kerusakan yang terjadi sedikit	2001-3000 jam operasi mesin.
5	Rendah	Kerusakan yang terjadi pada tingkat rendah	1001-2000 jam operasi mesin.
6	Medium	Kerusakan yang terjadi pada tingkat medium	401-1000 jam operasi mesin.
7	Agak tinggi	Kerusakan yang terjadi agak tinggi	101-400 jam operasi mesin.
8	Tinggi	Kerusakan yang terjadi tinggi	11-100 jam operasi mesin.
9	Sangat tinggi	Kerusakan yang terjadi sangat tinggi	2-10 jam operasi mesin.
10	Hampir selalu	Kerusakan selalu terjadi	Kurang dari 2 jam operasi mesin.

Sumber : Field (1996)

3. Detection

Detection adalah pengukuran terhadap kemampuan dalam mengendalikan/mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Contoh kriteria evaluasi dan sistem perangkat untuk *detection* dijelaskan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Contoh Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat untuk *Detection*

Rating deteksi ( <i>Detection</i> ) pada FMEA		
Ranking	Akibat	Kriterial Verbal
1	Hampir pasti	Perawatan <i>preventive</i> akan selalu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
2	Sangat tinggi	Perawatan preventif memiliki kemungkinan sangat tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan <i>mode</i> kegagalan.
3	Tinggi	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan tinggi untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan <i>mode</i> kegagalan





Lanjutan Tabel 2.5 Contoh Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat Untuk  
*Detection*

Rating deteksi ( <i>Detection</i> ) pada FMEA		
Ranking	Akibat	Kriterial Verbal
4	<i>Moderately high</i>	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan “ <i>moderately high</i> ” untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
5	<i>Moderate</i>	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan “ <i>moderate</i> ” untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
6	Rendah	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan rendah untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
7	Sangat rendah	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan sangat rendah untuk mampu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
8	<i>Remote</i>	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan “ <i>Remote</i> ” untuk mampu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
9	<i>Very remote</i>	Perawatan <i>preventive</i> memiliki kemungkinan “ <i>very remote</i> ” untuk mampu mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.
10	Tidak pasti	Perawatan <i>preventive</i> akan selalu tidak mampu untuk mendeteksi penyebab potensial atau mekanisme kegagalan dan mode kegagalan.

Sumber : Field (1996)

#### 4. Risk Priority Number (RPN)

Risk Priority Number (RPN) merupakan hasil dari skor *severity*, *occurrence*, dan *detection*. RPN digunakan untuk memprioritaskan tindakan. Semakin besar nilai RPN, maka semakin besar pula perhatian yang harus diberikan. Tim harus melakukan usaha untuk menanggulangi nilai RPN yang tinggi melalui tindakan korektif. RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut :

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

Angka ini digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang serius, sebagai petunjuk ke arah tindakan perbaikan.

#### 2.3.3. Failure Mode

Setelah mengetahui *functional failure*, selanjutnya yang harus dilakukan adalah mengidentifikasi semua peristiwa/kejadian yang memungkinkan dapat menjadi penyebab terjadinya tiap-tiap kondisi kegagalan (*failed state*). Hal ini dikenal dengan sebutan *failure mode* atau bentuk-bentuk kegagalan. Sering setiap daftar bentuk kegagalan disebabkan karena penurunan kemampuan akibat pemakaian. Meskipun

demikian, setiap daftar kerusakan juga dapat mencantumkan kegagalan yang disebabkan karena *human error* (baik karena operator maupun *mainteners*) maupun karena masalah *design*.

#### 2.3.4 Failure Effect

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

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

#### 2.3.5 Failure Consequence

*Failure consequence* merupakan konsekuensi yang ditimbulkan karena terjadinya kegagalan fungsi. Dalam RCM *failure consequence* dibedakan atas 4 jenis yaitu:

- a. *Hidden failure consequence* adalah konsekuensi kegagalan yang terjadi tidak bisa dibuktikan secara langsung tetapi akan menyebabkan kegagalan yang serius.
- b. *Safety and environment consequence* adalah konsekuensi kegagalan yang dapat menyebabkan seseorang terluka atau terbunuh.
- c. *Operational consequence* adalah konsekuensi kegagalan yang dapat berakibat pada produksi (*output*, kualitas produk, dan biaya operasional).
- d. *Non-operational consequence* adalah konsekuensi kegagalan yang berdampak langsung pada biaya perbaikan.

### 2.3.6 Proactive Task

Tindakan ini dilakukan sebelum terjadinya kegagalan dalam rangka untuk menghindarkan *item* dari kondisi yang dapat menyebabkan kegagalan (*failed state*). Kegagalan ini biasa dikenal dengan *predictive maintenance* dan *preventive maintenance*. Dalam RCM *predictive maintenance* dimasukkan dalam aktivitas *scheduled on condition task*, sedangkan *preventive maintenance* dimasukkan ke dalam *scheduled restoration task* atau *scheduled discard task*.

#### 1. Scheduled Restoration Task

Tindakan pemulihan kemampuan *item* pada saat atau sebelum batas umur yang ditetapkan tanpa memperhatikan kondisi saat itu.

Ciri-cirinya, meliputi:

- a. Dapat didefinisikan umur dimana *item* tersebut menunjukkan kemungkinan penambahan kecepatan terjadinya kondisi gagal.
- b. Mayoritas dari *item* dapat bertahan pada umur tersebut (untuk semua umur *item* jika kegagalan memiliki konsekuensi terhadap keselamatan lingkungan).
- c. Memperbaharui dengan sub *item* yang tahan terhadap kegagalan tersebut.

Karakteristik kegagalan *item* dapat dibagi menjadi tiga tahap yang biasa disebut *bathup-shaped*, hal ini seperti yang ditunjukkan pada gambar. Tiga tahap tersebut, antara lain:

#### a. Kegagalan Awal (*Infant Mortality Failure*)

Kegagalan awal pada umumnya terjadi pada awal pengoperasian suatu *item*. Kegagalan pada tahap ini ditandai dengan laju kegagalan yang konstan.

#### b. Kegagalan Acak (*Random Failure*)

Kegagalan acak umumnya terjadi pada *item* yang berjalan normal. Laju kegagalan pada tahap ini ditandai dengan laju kegagalan yang konstan.

#### c. Kegagalan Usang (*User-out failure*)

Pada usia kegunaan tertentu suatu *item* mengalami keusangan yang ditandai dengan laju kegagalan yang semakin meningkat. Untuk mengurangi pengaruh keusangan ini biasanya dilakukan penggantian (*replacement*) beberapa bagian alat atau bahkan seluruhnya dengan yang baru.

## 2. *Scheduled Discard Task*

Tindakan mengganti *item* pada saat atau batas umur yang ditetapkan tanpa memperhatikan kondisi *item* saat itu. Tindakan ini secara teknik mungkin dilakukan dalam kondisi berikut:

- a. Dapat diidentifikasi umur dimana *item* tersebut menunjukkan kemungkinan penambahan kecepatan terjadinya kondisi kegagalan.
- b. Mayoritas dari *item* dapat bertahan pada umur tersebut (untuk semua *item* jika kegagalan memiliki konsekuensi terhadap keselamatan lingkungan)

## 3. *Scheduled On Condition Task*

Kegiatan pemeriksaan terhadap potensial *failure* sehingga tindakan dapat diambil untuk mencegah terjadinya *functional failure*. Dimana potensial *failure* didefinisikan dengan sebuah kondisi yang dapat mengidentifikasi sedang terjadi kegagalan fungsi (*functional failure*). Empat kategori utama *Scheduled on condition* antara lain: (Moubray, 1997)

- a. *Condition Monitoring Techniques* yang melibatkan penggunaan peralatan khusus untuk melakukan monitor terhadap kondisi peralatan lain.
- b. *Statistical Process Control*  
Proses pencegahan yang didasarkan atas variansi kualitas produk yang dihasilkan.
- c. *Primary Effect Monitoring Techniques*  
Melibatkan peralatan seperti *gauge* yang ada dan peralatan untuk proses *monitory*.
- d. Teknik inspeksi berdasarkan *human sense* dan *predictive*

### 2.3.7 *Proposed Task dan Initial Interval*

*Proposed task* berusaha mendeskripsikan tindakan pencegahan sebagai tindakan nyata untuk menterjemahkan hasil dari *proactive task* dan *default action*.

*Initial Interval* merupakan jarak perawatan yang optimal, terhadap *proposed task* yang ditentukan

### 2.3.8 *Default Action*

Tindakan ini dilakukan ketika *predictive task* yang efektif tidak mungkin dapat dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan. *Default action* (Moubray, 1997) meliputi:

1. *Scheduled failed finding* meliputi tindakan pemeriksaan secara periodik terhadap fungsi-fungsi yang tersembunyi untuk mengetahui apakah *item* tersebut telah rusak.
2. *Redesign* membuat suatu perubahan untuk membangun kembali kemampuan suatu sistem. Hal ini mencakup modifikasi terhadap perangkat keras dan juga perubahan prosedur.
3. *Combination Task* khusus untuk menangani apabila kegagalan terjadi dan mengancam keselamatan kerja manusia di dalamnya.

Tabel 2.6 RCM II *Decision Worksheet*

<b>RCM DECISION WORKSHEET</b>			<b>SISTEM :</b>					<b>Facilitator :</b>		<b>Date :</b>
			<b>SUBSISTEM :</b>					<b>Auditor :</b>		<b>Year :</b>
<b>No.</b>	<b>Komponen</b>	<b>Function</b>	<b>Function Failure</b>	<b>Failure Mode</b>	<b>Failure Effect</b>			<b>Failure Consequences</b>	<b>Proactive Task</b>	<b>Proposed Task</b>
					<b>Local</b>	<b>System</b>	<b>Plant</b>			

Sumber : Moubray(1997)

## 2.4 Keandalan

Dalam metode RCM II merupakan metode manajemen pemeliharaan yang dilakukan dengan pendekatan yang sistematis untuk mempertahankan keandalan dari suatu *item* atau peralatan kritis (*critical item*). Dimana keandalan merupakan kemampuan peralatan atau komponen memenuhi fungsinya sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan dalam rentang waktu operasinya.

Kegagalan operasi suatu peralatan atau komponen tidak hanya berpengaruh terhadap peralatan atau komponen tersebut dan keberlangsungan proses produksinya, tetapi juga berpengaruh terhadap keselamatan operator maupun lingkungan sekitar. Maka perlunya evaluasi terhadap keandalan operasional suatu peralatan atau komponen sebagai upaya untuk mengetahui tingkat keandalannya dalam rentang umur operasinya.

### 2.4.1 Definisi Keandalan

Keandalan didefinikan sebagai probabilitas bahwa suatu sistem atau komponen mampu melaksanakan fungsinya sebagaimana mestinya untuk interval waktu dan kondisi operasi tertentu (Lewis, 1996).

Berdasarkan definisi di atas, maka dapat diketahui beberapa parameter penting yang berkaitan dengan keandalan, yaitu probabilitas (peluang), mampu

melaksanakan fungsinya (tidak gagal), waktu dan kondisi operasi. Parameter probabilitas membawa keandalan dalam konteks probabilitas, dimana kegagalan yang mengikuti bentuk distribusi probabilitas kegagalan tertentu.

### 2.4.2 Fungsi Keandalan

Fungsi Keandalan adalah untuk mengetahui produktivitas suatu peralatan atau komponen akan berfungsi sebagaimana mestinya selama selang waktu tertentu. Probabilitas ini diinterpretasikan dengan indeks keandalan yang merupakan fungsi waktu yang memiliki kisaran nilai 0 hingga 1. Indeks keandalan bernilai 0 (nol) berarti bahwa pada waktu yang ditentukan, probabilitas kegagalan elemen adalah 100% (absolut gagal) dan indeks keandalan bersifat 1 (satu) berarti probabilitas kegagalan sistem adalah 0% atau peluang suksesnya adalah 100% (absolut sukses).

Jika keandalan suatu merupakan ukuran probabilitas yang menyatakan hubungan antara keandalan dengan waktu ( $t$ ), sehingga keandalan peralatan atau komponen merupakan probabilitas peralatan atau komponen berfungsi sesuai performa yang diharapkan sampai jangka waktu  $t$  yang disebut fungsi keandalan  $R(t)$ :

$$R(t) = P(T < t) \quad (2-1)$$

Probabilitas peralatan atau komponen gagal berfungsi sesuai performanya untuk jangka waktu kurang atau sama dengan  $t$  yang disebut fungsi ketidakandalan  $F(t)$ :

$$F(t) = P(T < t) \quad (2-2)$$

Jika sebuah komponen tidak akan mengalami kerusakan pada waktu  $T \leq t$  dan harus rusak pada waktu  $T > t$  maka didapatkan (Lewis, 1996):

$$F(t) + R(t) = 1$$
$$\int_0^t f(t)dt + \int_0^\infty f(t)dt = 1 \quad (2-3)$$

Sehingga didapatkan fungsi keandalan sebagai berikut :

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

4)

Atau

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt \quad (2-5)$$

Keterangan:

$R(t)$  = Keandalan

$t$  = waktu operasi peralatan atau komponen

$T$  = *Life time* peralatan atau komponen beroperasi

$F(t)$  = Fungsi padat peluang

$f(t)$  = Fungsi kepadatan probabilitas atau PDF (*Probability Distribution Failure*)

Sedangkan fungsi ketidakandalannya digambarkan dalam ekspresi matematik yang disebut CDF (*Cumulative Distribution Failure*) sebagai berikut.

(Lewis,1996)

$$\frac{dR(t)}{dt} = \frac{d\left[1 - \int_0^t f(t)dt\right]}{dt}$$

$$\frac{dR(t)}{dt} = -f(t) \tag{2-6}$$

Dari persamaan (2-6) didapatkan fungsi kepadatan probabilitas (PDF) sebagai berikut.

(Lewis, 1996)

$$f(t) = -\frac{d}{dt} R(t) \tag{2-7}$$

### 2.4.3 Laju Kerusakan

Laju kerusakan suatu sistem  $R(t)$  akan berubah sepanjang waktu. Dari pengalaman maupun percobaan diketahui laju kerusakan suatu produk mengikuti suatu pola dasar yang disebut kurva *bathub*. Dalam menganalisis kerusakan alat atau komponen, faktor yang perlu mendapat perhatian adalah laju kerusakan (*failure rate*) komponen setiap saat selama masa operasi. Laju kerusakan dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$\lambda = \frac{f}{T} \tag{2-8}$$

$$\lambda = \frac{f(t)}{R(t)} \tag{2-9}$$

dimana:

$f$  = Banyaknya kegagalan selama jangka waktu operasi

$T$  = Total waktu operasi

$R$  = Keandalan

### 2.4.4 Mean Time To Failure (MTTF)

*Mean Time to Failure* (MTTF) adalah rata-rata waktu ekspektasi terjadinya kerusakan dari unit-unit yang beroperasi pada kondisi normal. MTTF juga merupakan harapan masa pakai peralatan atau komponen peralatan yang seringkali

digunakan untuk menyatakan angka ekspektasi  $E(t)$  dan dirumuskan sebagai berikut.

(Lewis, 1996)

$$MTTF = E(t) = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad (2-10)$$

Berdasarkan persamaan (2-8), maka didapatkan.

(Lewis, 1996)

$$MTTF = - \int_0^{\infty} t \frac{dR}{dt} dt$$

$$MTTF = -t R(t) + \int_0^{\infty} R(t) dt$$

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2-11)$$

Berikut adalah perhitungan MTTF untuk masing-masing distribusi.

1. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu \quad (2-12)$$

2. Distribusi Eksponensial

$$MTTF = \frac{1}{\tau} \quad (2-13)$$

3. Distribusi Weibull

$$MTTF = \theta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad (2-14)$$

4. Distribusi Lognormal

$$MTTF = t \text{med} e^{\frac{s^2}{2}} \quad (2-15)$$

#### 2.4.5 Mean Time To Repair (MTTR)

*Mean Time to Repair* (MTTR) merupakan waktu rata-rata dari interval waktu untuk melakukan perbaikan yang dibutuhkan oleh suatu komponen atau sistem. Untuk dapat menentukan MTTR maka terlebih dahulu harus diketahui dulu jenis distribusi dari datanya. Menurut Ebeling (1997), MTTR diperoleh dengan rumus:

$$MTTR = \int_0^{\infty} t h(t) dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t)) dt \quad (2-16)$$

$h(t)$  = fungsi kepadatan peluang untuk data waktu perbaikan (TTR)

$H(t)$  = fungsi distribusi kumulatif untuk data waktu perbaikan (TTR)

Berikut ini adalah perhitungan nilai MTTR untuk masing-masing distribusi adalah:



1. Distribusi Normal dan Lognormal

$$MTTR = t_{med} e^{\frac{s}{z}} \tag{2-17}$$

2. Distribusi Ekspsonensial

$$MTTR = \frac{1}{\tau} \tag{2-18}$$

3. Distribusi Weibull

$$MTTR = \theta \Gamma(1 + \frac{1}{\beta}) \tag{2-19}$$

**2.4.6 Beberapa Model Distibusi Probabilitas Untuk Keandalan**

Untuk mengetahui probabilitas keandalan suatu peralatan atau komponen, maka yang perlu diketahui adalah model distribusi probabilitas peralatan atau komponen tersebut. Model-model distribusi probabilitas untuk keandalan bersifat kontiyu yang umum digunakan dalam menganalisa kerusakan suatu komponen, antara lain : distribusi eksponensial, *Weibull*, normal dan lognormal.

**2.4.6.1 Distribusi Eksponensial**

Model distribusi yang biasa digunakan untuk memodelkan umur (*life time*) komponen yang beroperasi secara kontinyu. Dalam distribusi eksponensial beberapa persamaan yang digunakan adalah (Lewis,1996):

- Fungsi Densitas Probabilitasnya (PDF)

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \tag{2-20}$$

- Fungsi Kumulatifnya (CDF)

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \tag{2-21}$$

- Fungsi Kendalanya

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\lambda t} \tag{2-22}$$

- Laju Kerusakan

$$\lambda(t) = \lambda \tag{2-23}$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \tag{2-24}$$

Keterangan : -t = waktu

-λ = parameter tingkat kegagalan



### 2.4.6.2 Distribusi Weibull

Distribusi *Weibull* biasa digunakan dalam pengujian siklus hidup suatu komponen mekanik dengan laju kerusakan yang tidak konstan. Dalam distribusi *weibull* adanya parameter-parameter yang merupakan parameter bentuk (*shape*) dan parameter skala (*scale*), sehingga bentuk-bentuk perilaku kerusakan dapat lebih mudah dimodelkan. Beberapa persamaan yang digunakan antara lain (Lewis, 1996):

- Fungsi Densitas Probabilitasnya (PDF)

$$f(t) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right] \quad (2-25)$$

- Fungsi Kumulatifnya (CDF)

$$F(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right] \quad (2-26)$$

- Fungsi Keandalan

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right] \quad (2-27)$$

- Laju Kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} \quad (2-28)$$

- MTTF

$$MTTF = \beta \left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \quad (2-29)$$

Keterangan:

$m$  = Parameter bentuk yang berupa kemiringan dari fungsi  $m > 0$

$\theta$  = Parameter skala,  $\beta > 0$

Dalam distribusi *Weibull* yang menentukan tingkat kerusakan dari pola data yang dibentuk adalah parameter  $\beta$ . Nilai-nilai  $\beta$  yang menunjukkan laju kerusakan terdapat dalam tabel berikut:

Tabel 2.7 Nilai-Nilai Parameter  $\beta$

Nilai	Laju Kerusakan
$0 < \beta < 1$	Pengurangan laju kerusakan (DFR)
$\beta = 1$	Distribusi Eksponensial
$1 < \beta < 2$	Peningkatan laju kerusakan (IFR), <i>Konkaf</i>
$\beta = 2$	Distribusi <i>Relleigh</i>
$2 \leq \beta \leq 4$	Peningkatan laju kerusakan (IFR), <i>Konveks</i>
$\beta > 5$	Peningkatan laju kerusakan (IFR), mendekati kurva normal

Sumber: Ebeling (1997)

### 2.4.6.3 Distribusi Normal

Distribusi normal terutama sekali digunakan untuk menggambarkan pengaruh penambahan waktu ketika kita dapat menspesifikasikan waktu antar kerusakan berhubungan dengan ketidakpastian untuk menggambarkan ketergantungan keandalan terhadap waktu. Dalam distribusi normal persamaan yang digunakan antara lain (Lewis,1996):

- Fungsi Densitas Probabilitasnya (PDF)

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2-30)$$

- Fungsi Kumulatifnya (CDF)

$$F(t) = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (2-31)$$

- Fungsi Keandalan

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (2-32)$$

- Laju Kerusakan

$$\lambda(t) = \left[\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\frac{(t-\mu)^2}{\sigma^2}\right)\right] \left[1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)\right]^{-1} \quad (2-33)$$

- MTTF

$$\text{MTTF} = \mu \quad (2-34)$$

Keterangan :

$\mu$  = mean

$\sigma$  = Standart deviasi

### 2.4.6.4 Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal adalah distribusi yang berguna untuk menggambarkan distribusi kerusakan untuk situasi yang bervariasi. Dalam distribusi lognormal persamaan yang digunakan antara lain (Ebeling, 1997) :

- Fungsi Densitas Probabilitasnya (PDF)

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\frac{(\ln t-\mu)^2}{\sigma^2}\right] \quad (2-35)$$

- Fungsi Keandalan

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] dt \quad (2-36)$$

- Laju Kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \tag{2-37}$$

- MTTF

$$MTTF = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \tag{2-38}$$

Keterangan:

$\mu$  = Parameter lokasi

$\sigma$  = Standart deviasi

### 2.5 Goodness of Fit Test

Uji ini dilakukan dengan membandingkan antara hipotesa nol ( $H_0$ ) yang menyatakan bahwa data kerusakan mengikuti distribusi pilihan dan hipotesa alternatif ( $H_1$ ) yang menyatakan bahwa data kerusakan tidak mengikuti distribusi pilihan.

Pengujian yang dilakukan dalam *goodness of fit* ada tiga macam yaitu *Mann's Test* untuk distribusi *Weibull*, *Bartlett's Test* untuk distribusi eksponensial dan *Kolmogorov-Smirnov* untuk distribusi Normal dan Lognormal.

#### 2.5.1 Mann's Test

Menurut Ebeling (1997), hipotesa untuk melakukan uji ini adalah:

$H_0$  : Data kerusakan berdistribusi *Weibull*

$H_1$  : Data kerusakan tidak berdistribusi *Weibull*

Uji statistiknya adalah:

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \left( \frac{\ln t_{i+1} - t_i}{M_i} \right)}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} \left( \frac{\ln t_{i+1} - t_i}{M_i} \right)} \tag{2-39}$$

Dimana:

$$k_1 = \frac{r}{2}; k_2 = \frac{r-1}{2} \tag{2-40}$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i \tag{2-41}$$

$$Z_i = \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right] \tag{2-42}$$

Jika nilai  $M < M_{\text{Cric}}$  maka  $H_0$  diterima. Nilai  $M_{\text{Cric}}$  diperoleh dari tabel distribusi F dengan  $V_1=2k_1$  dan  $V_2=2k_2$

#### 2.5.2 Barlett's Test

Menurut Ebeling (1997), hipotesa untuk melakukan uji ini adalah:

$H_0$  : Data kerusakan berdistribusi Eksponensial

$H_1$  : Data kerusakan tidak berdistribusi Eksponensial

Uji statistiknya adalah:

$$B = \frac{2r \left[ \ln \left( \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r t_i \right) - \left( \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r t_i \right) \right]}{1 + \frac{r+1}{6r}} \quad (2-43)$$

Dimana:

$t_i$  : Data waktu kerusakan ke- $i$

$r$  : Jumlah kerusakan

$B$  : Uji statistik untuk uji *Barlett's Test*

$H_0$  diterima jika  $X^2_{(1-\alpha/2r-1)} < B < X^2_{(\alpha/2r-1)}$

### 2.5.3 Kolmogorov Smirnov Test

Menurut Ebeling (1997), hipotesa untuk melakukan uji ini adalah:

$H_0$  : Data kerusakan berdistribusi Normal atau Lognormal

$H_1$  : Data kerusakan tidak berdistribusi Normal atau Lognormal

Uji statistiknya adalah:

$$D_n = \max\{D_1, D_2\} \quad (2-44)$$

Dimana:

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left( \frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) - \frac{i-1}{n} \right\} \quad (2-45)$$

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{1}{n} - \Phi \left( \frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) \right\} \quad (2-46)$$

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n}; S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(t_i - \bar{t})^2}{n-1} \quad (2-47)$$

Untuk lognormal, sebagai berikut.

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^n \frac{\ln t_i}{n}; S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(\ln t_i - \bar{t})^2}{n-1} \quad (2-48)$$

$t_i$  = data waktu kerusakan ke -  $i$

$s$  = standar deviasi

Jika  $D_n < D_{\text{crit}}$  maka terima  $H_0$ . Nilai  $D_{\text{crit}}$  diperoleh dari tabel *critical value for Kolmogorov-Smirnov Test for Normality*.

## 2.6 Perhitungan Parameter

Setelah jenis distribusi kerusakan telah teridentifikasi, maka selanjutnya dilakukan perhitungan nilai parameter berdasarkan jenis distribusi yang terpilih. Berikut ini adalah rumus perhitungan parameter yang digunakan untuk masing-masing distribusi.

### 1. Distribusi Weibull

Parameter:  $\alpha = b$  dan  $\beta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)}$

Dimana:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (2-49)$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (2-50)$$

### 2. Distribusi Ekspensial

Parameter:  $\lambda = b$

Dimana:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (2-51)$$

### 3. Distribusi Normal

Parameter:  $\sigma = \frac{1}{b}$  dan  $\mu = -\left(\frac{a}{b}\right)$

Dimana:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (2-52)$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (2-53)$$

### 4. Distribusi Lognormal

Parameter:  $s = \frac{1}{b}$  dan  $t_{med} = e^{-sa}$

Dimana:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (2-54)$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (2-55)$$

## 2.7 Perhitungan Biaya *Failure* dan Biaya *Preventive*

Pemeliharaan yang baik akan dilakukan dalam setiap interval waktu tertentu dan pada waktu proses produksi sedang tidak berjalan karena kerusakan mesin di luar perkiraan. Semakin sering pemeliharaan suatu mesin dilakukan akan meningkatkan biaya pemeliharaan. Di sisi lain, jika pemeliharaan tidak dilakukan akan mengurangi *performance* kerja dari mesin tersebut. Pola *maintenance* yang optimal yang perlu dicari supaya antara biaya pemeliharaan dan biaya kerusakan bisa seimbang pada *total cost* yang paling minimal.

Berdasarkan penjelasan tersebut, maka biaya *failure* (CF) dapat didefinisikan sebagai biaya yang timbul karena terjadi kerusakan pada mesin di luar perkiraan yang menyebabkan mesin produksi terhenti ketika produksi sedang berjalan.

Sedangkan biaya *preventive* (CM) merupakan biaya yang timbul karena adanya pemeliharaan pencegahan terhadap mesin yang memang sudah dijadwalkan. Perhitungan biaya satu siklus *failure* dan satu siklus *preventive* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut ini:

$$CF = ((\text{Biaya tenaga kerja/jam} + \text{biaya kehilangan produksi}) \times T_f) + \text{Harga komponen} \quad (2-56)$$

$$CM = ((\text{Biaya tenaga kerja/jam} + \text{biaya kehilangan produksi}) \times T_p) + \text{Harga komponen} \quad (2-57)$$

Dimana:

$T_f$  = Waktu standar perbaikan *failure*

$T_p$  = Waktu standar perbaikan *preventive*

## 2.8 Model Matematis Perawatan

Dalam menentukan perawatan yang optimal pada tiap komponen maka, diperlukan parameter distribusi selang waktu kerusakan yang sesuai, biaya perawatan dan perbaikan komponen. Jika data berdistribusi *Weibull* maka rumus perhitungan biaya optimum (TC), sebagai berikut:

$$TC = (P(TTF \leq TM)CF) + (P(TTF > TM)CM) \quad (2-58)$$

a. Perhitungan Probabilitas Rusak:

$$\begin{aligned} P(TTF \leq TM) &= \int_0^{TM} f(t) dt \\ &= \int_0^{TM} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right] dt \end{aligned} \quad (2-59)$$

b. Probabilitas Masih Baik

$$\begin{aligned} P(TTF > TM) &= \int_{TM}^{\infty} f(t) dt \\ &= \int_{TM}^{\infty} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right] dt \\ &= 1 - P(TTF \leq TM) \end{aligned} \quad (2-60)$$

## BAB III METODE PENELITIAN

Metodologi Penelitian merupakan cara atau prosedur beserta tahapan-tahapan yang jelas dan disusun secara sistematis dalam proses penelitian. Penelitian harus mempunyai tujuan dan arah yang jelas. Oleh karena itu diperlukan sistematika kegiatan yang akan dilaksanakan dengan metode dan prosedur yang tepat mengarah kepada sasaran atau target yang telah ditetapkan.

### 3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif didasari oleh suatu filsafat positivisme yang mengacu pada fenomena-fenomena objektif serta dikaji secara kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah penelitian dengan memakai angka-angka, struktur, pengolahan statistik, dan percobaan terkontrol. (Sukmadinata, 2006)

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang yang beralamat di jalan raya Indrokilo 1, Lawang, Malang. Pelaksanaan penelitian ini dimulai Februari 2014 sampai Juli 2014.

### 3.3 Tahapan Penelitian

#### 3.3.1 Tahap Pendahuluan

Adapun tahap pendahuluan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah, sebagai berikut.

1. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam mengetahui dan memahami suatu persoalan agar dapat diberikan solusi pada permasalahan tersebut.

2. Studi Lapangan (*Field Research*)

Metode ini digunakan dalam pengumpulan data yang dilakukan secara langsung, dimana peneliti ke tempat penelitian, yakni PT Industri Sandang Nusantara. Kegiatan ini dimaksudkan untuk memperoleh data yang



sebenarnya dari perusahaan mengenai permasalahan yang ada dan strategi perusahaan yang mengkhususkan pada manajemen perawatan di perusahaan.

### 3. Studi Literatur

Studi literatur merupakan suatu metode yang digunakan dalam mendapatkan data dengan jalan mempelajari literatur serta membaca sumber-sumber dan informasi lainnya yang berhubungan dengan pembahasan.

### 4. Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahap merumuskan masalah sesuai dengan kenyataan yang ada di lapangan.

### 5. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian perlu ditetapkan agar penulisan skripsi dapat dilakukan sistematis dan tidak menyimpang dari permasalahan yang dibahas. Selain itu, tujuan penelitian diperlukan untuk mengukur keberhasilan dari suatu penelitian.

### 6. Identifikasi Penentuan Mesin dan Komponen kritis

Setelah menetapkan tujuan, dilanjutkan dengan identifikasi penentuan mesin dan komponen kritis.

## 3.3.2 Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini merupakan penjelasan mengenai tahapan pengumpulan data. Untuk memperoleh data dalam penelitian ini, maka digunakan beberapa teknik pengumpulan data sebagai berikut.

#### 1. Observasi

Melakukan observasi atau pengamatan langsung terhadap keadaan sebenarnya yang terjadi di dalam perusahaan yang berhubungan erat dengan permasalahan yang diteliti. Dalam penelitian ini observasi dilakukan terhadap proses pemeliharaan yang dilakukan pada mesin dan peralatan.

#### 2. Wawancara

Pengumpulan data dengan cara *interview* secara langsung dengan karyawan perusahaan. Metode ini dilakukan untuk mendapatkan data perawatan yang dilakukan perusahaan.

### 3. Dokumentasi

Merupakan teknik pengumpulan data dengan mengumpulkan data yang berupa catatan, arsip, buku yang telah ada. Dalam penelitian ini dokumentasi yang diperlukan adalah semua data kerusakan mesin yang ada di pabrik.

Untuk mendukung penelitian yang dilakukan ini maka digunakan beberapa data kualitatif dan data kuantitatif. Adapun data kualitatif dan kuantitatif, sebagai berikut.

#### a. Data Kualitatif

Data kualitatif ini merupakan data yang tidak berbentuk bilangan. Data tersebut, antara lain:

1. Fungsi komponen
2. Data kegagalan
3. Data penyebab kegagalan
4. Data efek kegagalan

#### b. Data Kuantitatif

Data kuantitatif merupakan data-data yang berbentuk bilangan. Data kuantitatif, antara lain:

1. Waktu antar kerusakan
2. Waktu perbaikan
3. Biaya kegagalan

### 3.3.3 Tahap Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data ini akan dilakukan pengolahan data baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Pengolahan data secara kualitatif dan kuantitatif, antara lain:

#### 3.3.3.1 Pengolahan Data Kualitatif

Data kualitatif ini merupakan data yang tidak berbentuk bilangan. Dalam data kualitatif informasi yang diperlukan dapat diperoleh melalui wawancara kepada pihak-pihak yang bersangkutan yang ada di perusahaan. Data tersebut terdiri dari data fungsi mesin, data kegagalan, data penyebab kegagalan dan data efek yang ditimbulkan apabila kegagalan terjadi. Pengolahan data kualitatif dilakukan dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis*(FMEA).

*Failure mode and effect analysis* berusaha untuk mampu menganalisis sebab-sebab terjadinya kegagalan pada system amatan serta efek yang ditimbulkan apabila

kegagalan tersebut terjadi. Adapun tahapan FMEA, antara lain:

1. Identifikasi *failure*
2. Identifikasi *function failure*
3. Identifikasi *failure mode*
4. Identifikasi *failure effect*
5. Perhitungan *severity*
6. Perhitungan *occurance*
7. Perhitungan *detection*
8. Perhitungan RPN

### 3.3.3.2 Pengolahan Data Kuantitatif

Pengolahan Data kuantitatif terdiri dari penentuan distribusi antar waktu kerusakan dan lama perbaikan, penentuan interval perawatan dan meminimasi biaya perawatan berdasarkan interval perawatan mesin.

1. Penentuan Distribusi data *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR)

Proses penentuan distribusi untuk data TTF dan TTR masing-masing komponen kritis adalah dengan membuat hipotesa apakah data kerusakan mengikuti salah satu dari keempat jenis distribusi kerusakan. Penentuan suatu distribusi data waktu kerusakan berdasarkan pada karakteristik suatu distribusi sesuai dengan aplikasi penggunaannya.

2. Uji Kesesuaian Distribusi Data Kerusakan

Setelah menduga jenis distribusi data TTF dan TTR, maka langkah selanjutnya adalah melakukan uji *goodness of fit* terhadap data TTF dan TTR yang diperoleh untuk meyakinkan apakah pola distribusi data yang diduga sudah sesuai dengan pola distribusi tertentu untuk diolah lebih lanjut untuk memperoleh parameter dari masing-masing komponen sesuai dengan distribusi yang terpilih.

3. Penentuan Parameter Sesuai Distribusi

Setelah didapatkan distribusi untuk masing-masing komponen, kemudian ditentukan parameter berdasarkan distribusi yang sesuai. Parameter-parameter ini yang akan digunakan pada perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR).

#### 4. Perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR)

Perhitungan MTTF dan MTTR dengan menggunakan parameter untuk masing-masing komponen. MTTF merupakan waktu rata-rata terjadinya kerusakan (komponen selesai diperbaiki sampai komponen rusak kembali), dan MTTR merupakan waktu rata-rata yang diperlukan untuk melakukan perbaikan.

#### 5. Perhitungan Total Biaya Perawatan Optimal

Setelah melakukan perhitungan MTTF dan MTTR, selanjutnya adalah melakukan perhitungan total biaya perawatan optimal. Total biaya perawatan optimum didapat dari total biaya perawatan terkecil dari masing-masing komponen kritis mesin *Blowing* OM. Pada tahap perhitungan Total biaya perawatan optimal sekaligus dapat menentukan interval perawatan optimum dengan total biaya perawatan terkecil sebagai dasar pemilihan interval perawatan optimal.

### 3.3.4 Tahap Hasil dan Kesimpulan

#### 3.3.4.1 Tahap Hasil

Dalam tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil-hasil yang diperoleh pada data kualitatif dan data kuantitatif, kemudian dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan. Kesimpulan tersebut akan menjawab bagian awal dari penelitian dan selanjutnya memberi saran-saran kepada pihak yang bersangkutan. Analisis data, antara lain:

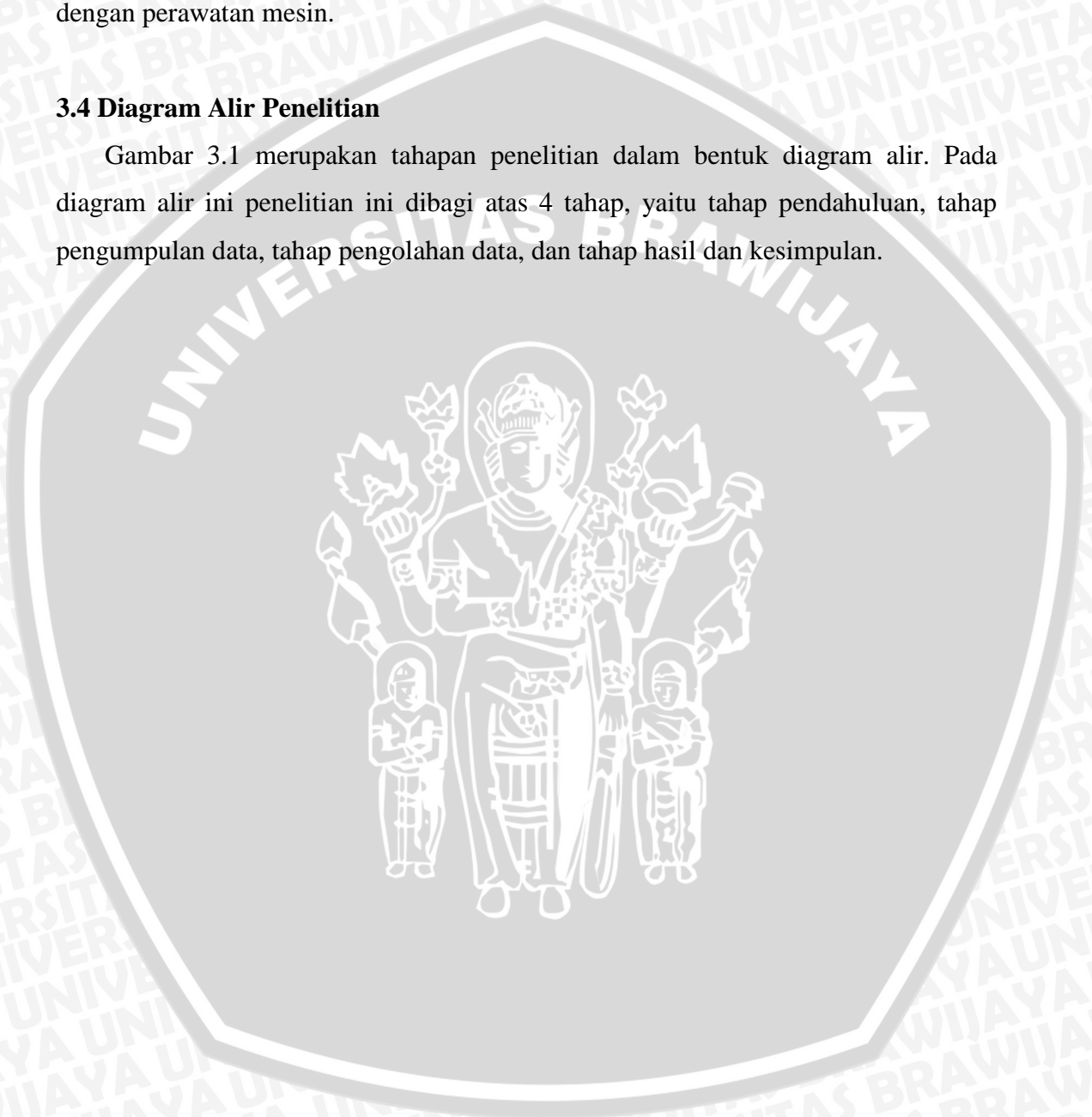
1. Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)
2. Analisis Penentuan Distribusi dan Uji *Goodness of Fit* Data TTF dan TTR Komponen Kritis Mesin *Blowing* OM
3. Analisis Parameter *Time to Failure* (TTF) dan *Mean Time to Failure* (MTTF) Komponen Kritis Pada Mesin *Blowing* OM
4. Analisis Parameter *Time to Repair* (TTR) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) Komponen Kritis Pada Mesin *Blowing* OM
5. Analisis Total Biaya Optimal dan Interval Perawatan Optimal
6. Analisis Penurunan Total Biaya Perawatan
7. Analisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II

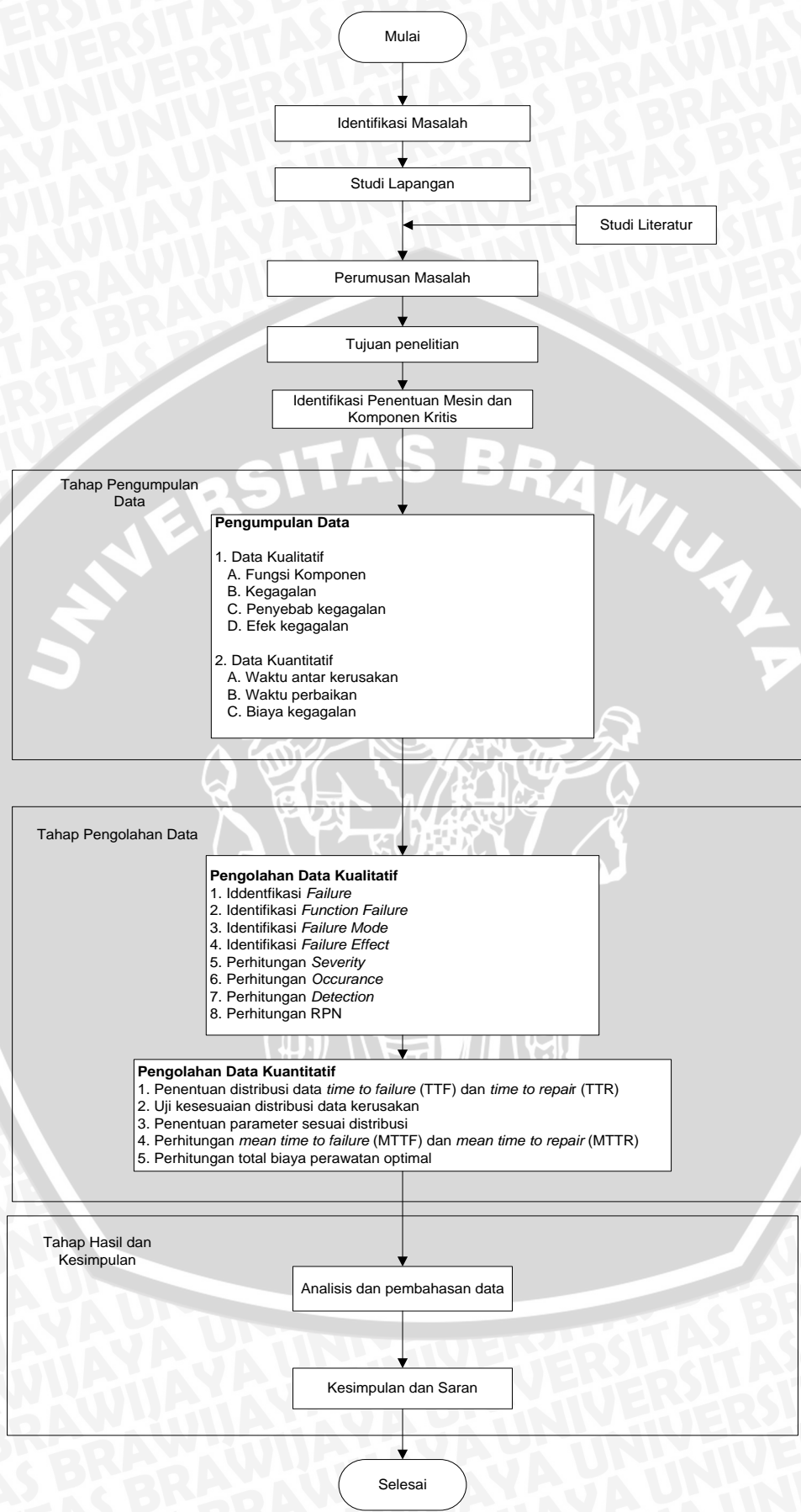
### 3.3.4.2 Tahap Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran adalah bagian penutup dari keseluruhan langkah penelitian. Kesimpulan berisi hasil yang diperoleh dari penelitian sesuai dengan tujuan penelitian yang ditetapkan. Sementara itu, saran berisi tentang saran yang diberikan penulis bagi perusahaan maupun penelitian yang akan datang berkaitan dengan perawatan mesin.

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 merupakan tahapan penelitian dalam bentuk diagram alir. Pada diagram alir ini penelitian ini dibagi atas 4 tahap, yaitu tahap pendahuluan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data, dan tahap hasil dan kesimpulan.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang analisis data dan pembahasan dari analisis tersebut sehingga nantinya dapat memberikan usulan perbaikan berdasarkan hasil analisis pembahasan.

### 4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

#### 4.1.1 Sejarah Perusahaan

Dalam rangka meningkatkan swasembada sandang, pemerintah Republik Indonesia mulai melakukan pembangunan proyek sandang. Pengelola proyek sandang ini dilakukan oleh pihak swasta bersama dengan pemerintah dalam pengelolaan pembangunan pabrik pemintalan (PATAL) dan pabrik pertenunan (PATUN). Pembangunan di lingkungan Industri Sandang I dan Industri Sandang II dilakukan oleh Lembaga Penyelenggara Perusahaan-Perusahaan Industri (LP3 I) pada tahun 1961.

Berdasarkan Instruksi Presiden RI tanggal 19 Mei 1965 dan SK Menteri Koordinator (Menko) Departemen Perindustrian Rakyat No. 25/SK/Menko/VIII/1965, tanggal 28 Juli 1965 pengelolaan manajemen ditangani oleh Komando Operasi Proyek Sandang (KOPROSAN), sedangkan untuk penyelesaian fisik proyek ditangani PN. PR LEPPIN Karya Yasa. Setelah pembangunan proyek tersebut selesai dengan menghasilkan unit-unit pabrik pertenunan dan pabrik pemintalan, berdasarkan PP No. 4 tahun 1967 dibentuk PN. Industri Sandang yang ditugaskan untuk mengelola unit-unit pabrik pertenunan dan pemintalan.

Berdasarkan pada pertimbangan efisiensi dan efektivitas usaha yang sejalan dengan industri tekstil maka selanjutnya dengan surat keputusan Menteri Perindustrian No. 34/M/Sk/2/1977 untuk langkah peralihan dan pembentukan PT. (Persero) dan PN (Perusahaan Negara). Selanjutnya berdasarkan peraturan pemerintah (PP No. 2 tahun 1977), secara resmi PN. Industri Sandang beralih statusnya menjadi dua PT (Persero) kembar sebagai berikut (disertai SK Menteri Keuangan No. 36/KM K/06/1976, tanggal 25 Januari 1978).

PT Industri Sandang I yang berkantor di Jakarta dan PT Industri Sandang yang berkantor di Jalan Ahmad Yani No. 124 Surabaya. Pada tahun 1999 sesuai dengan

PP No. 90 Tahun 1999 pemerintah menginstruksikan untuk diadakan penggabungan PT Industri Sandang I dengan PT Industri Sandang II. Selanjutnya pada tanggal 25 Mei 2000, resmi menjadi PT. Industri Sandang Nusantara. Pada tanggal 4 Maret 2000, PT Industri Sandang Nusantara telah mendapat sertifikasi ISO 9002. Unit PT Industri Sandang Nusantara pada saat itu antara lain:

1. Pabrik Pemintalan Secang, Magelang.
2. Pabrik Pemintalan Lawang, Malang.
3. Pabrik Pemintalan Grati, Pasuruan.
4. Pabrik Pemintalan Tohpati, Denpasar.
5. Pabrik Pertenunan Markateks, Makassar.
6. Pabrik Pemintalan Kapas Cilacap.
7. Pabrik Pabriteks Tegal.
8. Pabrik Pemintalan Karawang.
9. Pabrik Pemintalan Banjaran.

Akibat unit perusahaan terus mengalami kerugian dan menderita hutang yang tinggi dilakukan penjualan beberapa asset dan pembayaran hutang sehingga saat ini jumlah pabrik pemintalan yang beroperasi tinggal empat unit dan satu unit pabrik tekstil, antara lain:

1. Pabrik Pemintalan Secang, Magelang.
2. Pabrik Pemintalan Lawang, Malang.
3. Pabrik Pemintalan Kapas Cilacap.
4. Pabrik Pemintalan Banjaran.
5. Pabrik Pabriteks Tegal.

#### **4.1.2 Visi Dan Misi Perusahaan**

##### **4.1.2.1 Visi**

PT Industri Sandang Nusantara adalah BUMN berbentuk Persero dalam bidang industri tekstil di Indonesia yang harus menjadi pemain kelas dunia dalam era globalisasi dengan menciptakan produk yang bernilai tambah tinggi, serta menjadi motor penggerak dalam industri tekstil di Indonesia.

##### **4.1.2.2 Misi**

Mempertahankan kelangsungan hidup perusahaan dalam jangka panjang dengan cara:



1. Melaksanakan “proses menjalankan tugas” yang terbaik.
2. Memberikan “hasil” yang terbaik bagi *stake holder* (pemegang saham, pelanggan, mitra kerja karyawan, masyarakat, dan lain-lain).
3. Memberikan “citra” yang terbaik dalam budaya usaha.

#### 4.1.3 Lokasi Perusahaan

PT. Industri Sandang Nusantara Unit Patal Lawang terletak di Jalan Indrokilo No. 1 tepatnya di Desa Bedali, Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang. Dibangun di atas tanah seluas 14,5 Ha yang terbagi menjadi tiga bagian, yaitu 10,5 Ha untuk bangunan pabrik dan 2 Ha selebihnya berupa jalan-jalan di lokasi pabrik, lapangan parkir, kantor pusat, gedung pertemuan, gedung mesin, lapangan tenis dan poliklinik, gedung material, bengkel, serta bak air.

#### 4.1.4 Bahan Baku

Bahan baku dalam pembuatan benang adalah kapas. Dalam proses pemintalan benang dilakukan pengujian terhadap kapas. Dimana pengujian kualitas kapas meliputi faktor- faktor sebagai berikut:

##### 1. Grade

Tujuan pengujian terhadap grade adalah untuk menyesuaikan jenis barang yang akan dipintal. *Grade* kapas ditentukan oleh 3 faktor, antara lain:

##### a. Warna

Warna dari kapas dapat dipengaruhi oleh cuaca, iklim dan *mikro organism* yang dapat menyebabkan kilaunya makin berkurang, makin lama makin redup, warna dapat berbintik- bintik kuning karena diserang jamur atau serangga.

##### b. Kotoran pada kapas yang berupa biji (pecahan biji), daun dan batang kering.

##### c. Proses pemisahan serat kapas dari biji- bijinya.

*Grade* kapas yang rendah akan menghasilkan benang yang kurang baik, terutama dalam hal kerataan atau kemampuan benang, yang sering disebabkan oleh kandungan kotoran berupa kotoran berupa pecahan biji dan daun kering.

##### 2. Panjang Serat

Panjang atau pendeknya serat kapas akan menentukan kemampuan serat untuk dipintal menjadi satu benang tertentu. Umumnya panjang serat kapas terbesar antara 1 inch sampai 2 inch.

##### 3. Karakteristik Kapas

Karakteristik kapas ditentukan oleh 3 faktor utama, yaitu:

a. Kekuatan serat

Apabila kekuatan seratnya rendah maka kekuatan benangnya akan rendah.

b. Kehalusan serat

Kehalusan serat erat hubungannya dengan umur serat. Kapas yang muda biasanya berserat halus dan kekuatannya rendah

c. Kedewasaan serat

Tua mudanya serat akan berpengaruh terhadap kualitas benang. Penilaian kedewasaan serat didasarkan atas prosentase serat dewasa pada sample

4. Kandungan Air

Banyaknya prosentase kandungan air (uap air) dalam bahan tergantung dari jenis kapas itu sendiri.

5. *Mixing*

*Mixing* adalah pencampuran dari dua atau lebih bahan baku yang sejenis dengan tujuan:

a. Menentukan harga bahan baku

b. Saling menutupi kekurangan sifat yang satu dengan yang lain, sehingga diperoleh mutu atau kualitas yang optimal

*Mixing* untuk bahan baku kapas bisa dilakukan untuk jenis :

a. *Grade* yang berbeda

b. Panjang *Staple* (serat kapas) yang berbeda

#### 4.1.5 Proses Pemintalan Benang

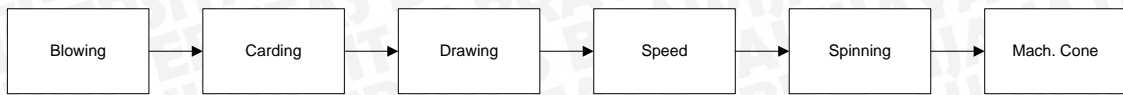
Tahap- tahap sebelum kapas diproses adalah sebagai berikut:

a. Ikatan pras kapas yang dalam bentuk bale (kelompok gundukan) dibuka untuk memberikan kesempatan agar yang dipras dapat mengembang.

b. Bale kapas masuk *blowing room*, kemudian dikelompokkan menurut *grade* masing- masing sesuai dengan tujuan dari kualitas benang yang hendak dicapai.

c. Kelompok kapas dicabik-cabik atau dipisah-pisahkan agar menjadi bagian yang kecil- kecil sekitar 150 gram s/d 250 gram.

Gambar 4.1 ini merupakan tahap pemintalan benang tenun yang terjadi di PT.ISN unit Patal Lawang.



Gambar 4.1. Proses Produksi Benang Tenun PT.ISN Unit Patal Lawang

Berikut ini merupakan penjelasan pada masing- masing proses yang terjadi pada proses produksi benang tenun.

#### 1. Proses pada mesin *Blowing*

Satu *laydown* terdiri dari kelompok gundukan dengan cabikan yang merata. Tiap gundukan diusahakan volumenya memuat satu suapan untuk menghasilkan *blending* yang homogen setinggi mutu benang yang diinginkan. Setelah cabikan kapas disuapkan ke dalam unit mesin *blowing* maka proses yang berlangsung adalah:

- a. Pencampuran/*blending* untuk mendapatkan campuran homogen, mutu yang optimal dengan harga seekonomis mungkin.
- b. Pembukaan dilakukan agar serat dapat dengan mudah terurai, pada proses selanjutnya terpisah kotoran-kotorannya sehingga menghasilkan serat yang agak bersih.
- c. Pembersihan  
Kotoran-kotoran yang terbawa oleh bahan baku dipisahkan dengan menggunakan *screen*, *beater* dan angin (dihisap dengan *exhauster* ke dalam *dustchamber*).
- d. Membuat Lap  
Kualitas *lap* yang baik adalah bila:
  1. Beratnya memenuhi standar yang ditetapkan
  2. Berat kearah memanjang dan melebar harus sama
  3. Gulungan harus baik, tidak lengket dan mudah diproses pada mesin *carding*

*Lap* akan terputus secara otomatis melalui pengaturan *counter*, dimana standar umum yang ditetapkan untuk *lap* yang baik yaitu jika memenuhi panjang 37 yards dengan berat 15 kg, toleransi yang diperkenankan 300 gram. Proses selanjutnya setelah kapas terbentuk menjadi *lap* dilanjutkan dengan proses pada mesin *Carding*.

#### 2. Proses pada mesin *Carding*

Mesin *Carding* digunakan untuk merubah bentuk *lap* menjadi *sliver*. Dimana pada proses ini dilakukan

a. Pembersihan

Serbuk kapas yang menempel pada lap nantinya akan terpisahkan pada bagian ini, dimana nantinya kondisi lap siap untuk diubah menjadi *sliver*

b. Pensejajaran serat

Pada proses ini kondisi lap harus dalam kondisi sejajar agar bisa diproses lebih lanjut, kondisi yang tidak sejajar dapat menyebabkan mesin mengalami kemacetan.

c. Membuat *sliver*

*Lap* yang sudah siap nantinya mengalami proses oleh mesin *carding* untuk selanjutnya diubah menjadi *sliver* (benang besar).

3. Proses pada mesin *Drawing*

Proses yang terjadi pada mesin *Drawing* sebagai berikut:

a. Perangkapan

Tujuannya untuk mendapatkan kerataan *sliver* yang baik. Makin banyak *sliver* *carding* yang dirangkap hasilnya semakin baik pula.

b. Pencampuran

Tujuannya untuk mendapatkan sifat-sifat gabungan dan saling menutupi kekurangan dari bermacam-macam serat, hingga dapat diperoleh kualitas yang optimal.

c. Penarikan

Tujuannya untuk mengajarkan serat-serat yang ada didalam *sliver* dan memperkecil diameter/ volume serat.

4. Proses pada mesin *Speed*

Pada mesin *Speed* terjadi proses *sliver* menjadi *roving* yang berlangsung sebagai berikut:

a. Penarikan

Terjadi karena adanya perbedaan kecepatan permukaan dari *frontroll* dengan *backroll* sehingga merubah bentuk *sliver* menjadi *roving* (benang mula).

b. Penggintiran

Terjadi karena adanya perbedaan kecepatan *spindle* per menit dengan permukaan *frontroll*. Penggintiran ini berguna untuk memberikan kekuatan pada *roving* agar tidak putus waktu ditarik.

c. Penggulungan

Terjadi proses gulungan *roving* pada *robbin* oleh peralatan “*BuilderMotion*” dengan membentuk tabung. Pada waktu diameter gulungan *roving* menjadi besar putaran menjadi lambat dan sebaliknya. Hal ini disebabkan karena adanya *conedrom* dan pemindahan *belt* yang bergerak dari diameter besar ke kecil.

#### 5. Proses pada mesin *Ring Spinning*

Proses yang terjadi pada mesin *Ring Spinning* adalah sebagai berikut:

##### a. Penarikan

Untuk memungkinkan benang *roving* yang kasar dapat diubah menjadi benang halus menurut nomor yang dikehendaki.

##### b. Pengintiran

Untuk memberikan kekuatan pada benang yang diproses. Besar kecilnya tergantung pula pada halus kasarnya benang yang dibuat (makin halus maka pengintiran makin banyak).

##### c. Penggulungan

Pada mesin ini penggulungan diatur oleh “*Builder Motion*” dengan *cut* dan kecepatan penggulungan yang tetap. Biasanya makin halus benang yang dibuat, makin cepat penggulungan yang dilaksanakan. Mesin *Ring Spinning Frame* buatan *Toyoda* mempunyai spesifikasi kapasitas 27.676 gr/*spindle*/ jam.

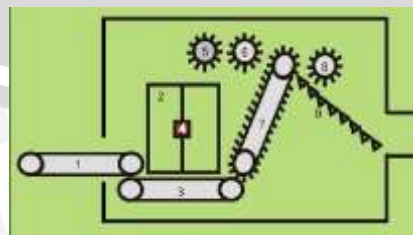
#### 6. Proses pada *Mach Cone*

Mesin ini merubah bentuk gulungan hasil dari mesin *Ring Spinning Frame* (RSF) menjadi bentuk gulungan atau kemasan berbentuk *cone*.

### 4.1.6 Mesin *Blowing OM*

#### 4.1.6.1 Komponen Mesin *Blowing OM*

Gambar 4.2 berikut ini merupakan gambar bagian-bagian pada mesin *Blowing OM*.



Gambar 4.2 Mesin *Blowing OM*

Keterangan:

1. *Conveyor Belt*

*Conveyor belt* untuk mendorong atau menggerakkan bale kapas ke dalam mesin.

2. Motor Kerja

Motor kerja berfungsi sebagai sumber gerakan.

3. *Bottom Lattice*

*Bottom lattice* berfungsi untuk mendorong kapas ke *lattice* bawah.

4. Inframerah

Inframerah berfungsi untuk memberi tanda bahwa mesin melebihi kapasitas atau tidak.

5. Rol Pembersih

Rol pembersih untuk membersihkan kapas.

6. Rol Perata

Fungsi untuk menyeleksi gumpalan kapas (gumpalan kecil menuju ke rol pembersih, sedangkan gumpalan besar akan jatuh ke *bottom lattice* untuk di proses kembali).

7. *Spike Lattice*

*Spike lattice* berfungsi untuk membawa, mengangkat, dan mencabik kapas ke *evener beater*.

8. Rol Pengambil

Rol pengambil berfungsi untuk mengambil kapas yang telah selesai diproses.

9. Batang-Batang Saringan

Berfungsi untuk menyaring kapas dan kotoran yang akan dibuang sehingga berjatuhan melalui celah-celahnya.

#### 4.1.6.2 Cara Kerja Mesin *Blowing OM*

Cara kerja mesin *Blowing OM* yaitu, serat kapas masuk kedalam mesin *Blowing OM* melalui *conveyor belt*, kemudian serat masuk kedalam *bottom lattice*, selanjutnya gumpalan serat diteruskan ke *spike lattice*. Pada *spike lattice* gumpalan serat kapas akan dicabik-cabik dan akan dibawa ke *evener beater*. Pada *evener beater* serat akan dipukul, serat dengan gumpalan besar akan jatuh ke *bottom lattice* untuk diproses kembali namun serat dengan gumpalan kecil akan masuk ke proses selanjutnya. Serat yang mendapat pukulan *evener beater* akan diproses masuk ke

batang-batang saringan untuk menyaring kapas. Selanjutnya kapas akan keluar dalam bentuk *lap*.

#### 4.2 Penentuan Komponen Kritis

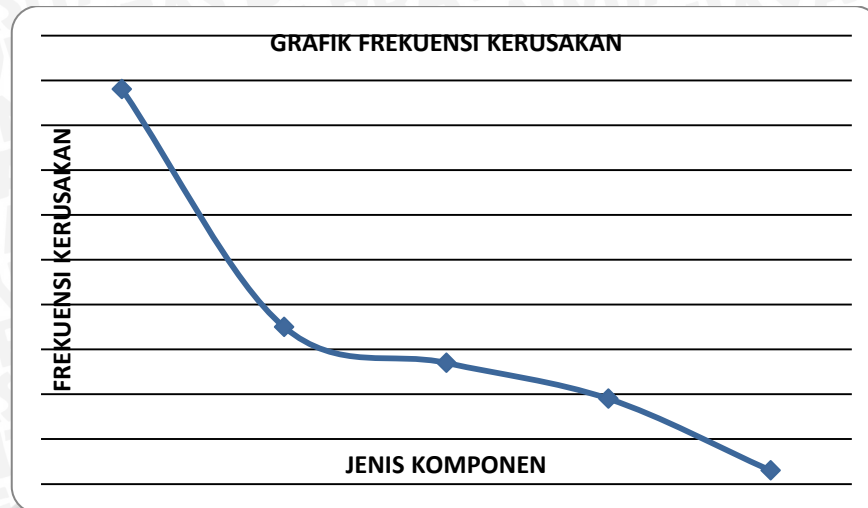
Banyak sekali komponen kritis yang ada bagian pada mesin *Blowing OM*, namun dalam penelitian ini tidak semua komponen kritis tersebut perlu dilakukan analisis. Oleh karena itu dilakukan pemilihan komponen kritis yang memerlukan prioritas penanganan terlebih dahulu. Penentuan komponen kritis ini bertujuan agar perawatan atau pemeliharaan pada komponen mesin bisa fokus. Penentuan komponen kritis berdasarkan pada:

1. Komponen yang memiliki pengaruh fungsi terbesar pada mesin. Sehingga apabila komponen tersebut mengalami kerusakan akan berdampak besar pada hasil produk akhir.
2. Kerusakan mesin yang dapat menyebabkan terjadinya *downtime* yang besar sehingga mengganggu kelancaran jalannya operasi sehingga berdampak besar pada kerugian perusahaan.
3. Frekuensi kegagalan komponen dalam periode tertentu selama berlangsungnya operasi produksi. Frekuensi kegagalan tersebut menunjukkan tingkat kegagalan atau kerusakan pada mesin-mesin produksi selama musim produksi berlangsung mulai tahun 2011-2013 dapat dilihat melalui Tabel 4.1 dan Gambar 4.3 berikut ini.

Tabel 4.1 Tabel Komponen Kritis Pada Mesin *Blowing OM*

<b>BLOWINGOM</b>	<b>FREKUENSI KERUSAKAN</b>
<i>Flat belt</i>	176
<i>Callender Roller</i>	54
<i>Silinder Screen</i>	38
<i>Gear Box</i>	6
<i>Spike lattice</i>	70

Sumber: PT Industri Sandang Nusantara Tahun 2011-2013



Gambar 4.3 Frekuensi Kerusakan Komponen Mesin *Blowing* OM Tahun 2011-2013  
 Sumber: PT Industri Sandang Nusantara Tahun 2011-2013

Berdasarkan data yang didapatkan di Patal Lawang pada tahun 2011-2013 maka komponen kritis pada mesin *Blowing* OM yang harus menjadi prioritas penanganan pada komponen *flat belt* dan *spike lattice*.

#### 4.3 Macam Pengumpulan Data

Dalam menyelesaikan metode pengolahan data yang telah ditentukan, diperlukan adanya data-data pendukung untuk mendapatkan parameter-parameter keandalan mesin *Blowing* OM. Data-data yang diperlukan, antara lain:

c. Data Kualitatif

Data kualitatif ini merupakan data yang tidak berbentuk bilangan. Data tersebut, antara lain:

5. Fungsi komponen
6. Data kegagalan
7. Data penyebab kegagalan
8. Data efek kegagalan

d. Data Kuantitatif

Data kuantitatif merupakan data-data yang berbentuk bilangan. Data kuantitatif, antara lain:

4. Waktu antar kerusakan
5. Waktu perbaikan
6. Biaya kegagalan



### 4.3.1 Data Kualitatif

#### 4.3.1.1 Data Fungsi Komponen

Pada mesin *Blowing* OM terdapat beberapa komponen kritis. Berdasarkan observasi dan wawancara yang telah dilakukan pada saat penelitian di Patal Lawang maka diperoleh beberapa fungsi komponen yang dijelaskan pada tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Data Fungsi Komponen Kritis Mesin *Blowing* OM

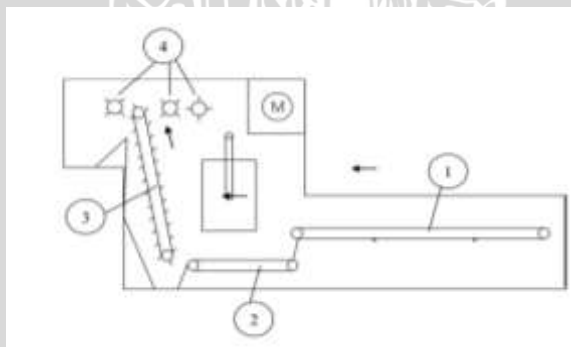
No.	Nama Komponen	Fungsi Utama
1.	<i>Flat belt</i>	Alat ini berfungsi untuk menggerakkan atau menjalankan mesin <i>Blowing</i> OM agar mentransfer kapas.
2.	<i>Spike lattice</i>	Alat ini berfungsi untuk membawa serat kapas ke <i>evener beater</i> .

Sumber: PT Industri Sandang Nusantara Tahun 2011-2013

Gambar 4.4 menunjukkan gambar *flat belt*, sedangkan gambar 4.5 menunjukkan gambar *spike lattice* dan *evener beater*.



Gambar 4.4 *Flat Belt*



Gambar 4.5 Komponen *Spike Lattice* dan *Evener Beater*

Keterangan:

1. *Conveyor Belt*
2. *Bottom Lattice*
3. *Spike Lattice*
4. *Evener Beater*

Pada Gambar 4.4 nomor 3 menunjukkan komponen *spike lattice* dan pada nomor 4 menunjukkan *evener beater*.

#### 4.3.1.2 Data Kegagalan Fungsi Komponen

Kegagalan fungsi komponen merupakan kegagalan komponen dalam melaksanakan fungsi utama yang diharapkan. Berdasarkan observasi dan wawancara yang telah dilakukan pada saat penelitian di Patal Lawang maka diperoleh beberapa kegagalan fungsi komponen yang dijelaskan pada Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 *Function* dan *Failure* Pada Komponen Kritis Mesin *Blowing OM*

No.	Nama Komponen	Function	Jenis Kerusakan
1.	<i>Flat belt</i>	Alat ini berfungsi untuk menggerakkan atau menjalankan mesin <i>Blowing OM</i> agar mentransfer kapas.	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata Karet <i>flat belt</i> longgar <i>Flat belt</i> putus
2.	<i>Spike lattice</i>	Alat ini berfungsi untuk membawa serat kapas ke <i>evener beater</i> .	Kayu pada <i>spike lattice</i> patah Paku-paku pada <i>spike lattice</i> patah

Sumber: PT. Industri Sandang Nusantara Tahun 2011-2013

Gambar setiap jenis kerusakan dari masing-masing komponen mesin *Blowing OM* dapat dilihat pada Lampiran 9.

#### 4.3.2 Data Kuantitatif

Data kuantitatif merupakan data-data yang dapat dihitung. Data-data kuantitatif yang telah dikumpulkan antara lain sebagai berikut:

##### 4.3.2.1 Data Waktu Antar Kerusakan

Data waktu antar kerusakan juga merupakan data kuantitatif yang didapatkan dari buku *maintenance report* yang dimiliki oleh departemen perawatan. Dari distribusi waktu antar kerusakan, didapatkan nilai kemungkinan terjadinya kerusakan pada waktu tertentu, dan kemungkinan mesin dapat digunakan untuk menghitung siklus kerusakan. Data mengenai waktu antar kerusakan disajikan dalam bentuk satuan jam dan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Waktu Antar Kerusakan

<i>Flat belt</i>			<i>Spike Lattice</i>	
<b>Permukaan karet flat belt tidak rata (Jam)</b>	<b>Karet flat belt longgar (Jam)</b>	<b>Flat belt putus (Jam)</b>	<b>Kayu spike lattice patah (Jam)</b>	<b>Paku-paku spike lattice patah (Jam)</b>
858,8	222,13	829,45	837,21	830,41
728,16	396,8	803,16	897,66	817,78
655,96	382,3	796,66	839	821
623,33	339,23	673,16	698,95	863,66
746,41	309,58	509,16	602,33	632,41
551,4	257,63	506,58	554	433,75
409,33	232,75	505,4	578,91	465,08
659,08	285,75	746,83	607,98	571,38
498,75	269,25	649,16	793,16	686,75
687,58	379,75	593,66	826,58	646,58
685,25	241,9	700,5	797,75	698,16
763,58	241,8	674	828,5	688,5
741,1	259,8	674,41	911,66	595,08
672,41	187,91	696,41	874,16	703,93
847,15	337,38	721,41	866,46	609
717,75	212,41	866,33	864,16	599,05
869,16	452,88	812,16	937,5	720,91
625,83	184,25	637,25	912,53	457,58
627,75	220,28	674	915,81	716,86
482	312,36	814,16	922,66	521,78
791,33	316,5	707,16	842,66	596
821,33	230,88	787,66	927,03	601,25
846,95	297,01	682,08	838,41	794,31
653,33	337,5	745	881,75	672,76
721,58	315	746,25	899,05	596,7
748,33	214,16	794,83	721,68	717,25
745,75	243,61	844	718,66	816,68
668,33	221,41	840,88	930,63	505,91
866,58	243,16	797,16	961,21	742,6
651	295,21	850,21	947,16	790
523,91	260,66	864,58		504,08
	260,58			
	216,5			
	243,66			
	185,5			
	190,08			
	355,25			
	266			
	389,38			
	335,08			
	280,41			
	385,58			

Lanjutan Tabel 4.4 Data Waktu Antar Kerusakan

Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata (Jam)	<i>Flat belt</i>		<i>Spike Lattice</i>	
	Karet <i>flat belt</i> longgar (Jam)	<i>Flat belt</i> putus (Jam)	Kayu <i>spike lattice</i> patah (Jam)	Paku-paku <i>spike lattice</i> patah (Jam)
	358,66			
	291,25			
	227,91			
	318,83			
	242,16			
	262			
	219,33			
	217,45			
	252,25			
	306,5			
	230,16			
	328,3			
	326,75			
	255,25			
	265,33			
	183,58			
	332,66			
	220,911			
	239,5			
	291			
	187,5			
	270,5			
	263,8			
	219,8			
	259,08			
	259			
	167,66			
	320,66			
	204,66			

Sumber: PT Industri Sandang Nusantara Tahun 2011-2013

Keterangan:

Tf: Data waktu antar kerusakan (Jam)

#### 4.3.2.2 Data Waktu Perbaikan

Data waktu perbaikan merupakan data kuantitatif yang didapatkan dari buku *maintenance report* yang dimiliki oleh departemen perawatan. Dari distribusi waktu lama perbaikan, dapat dihitung siklus perbaikan yang digunakan dalam menghitung biaya akibat kerusakan dan biaya kerugian karena kerusakan yang terjadi. Data lama perbaikan disajikan dalam satuan jam dan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Waktu Perbaikan

Permukaan karet flat belt tidak rata (Jam)	Flat belt		Spike Lattice	
	Karet flat belt longgar (Jam)	Flat belt putus (Jam)	Kayu spike lattice patah (Jam)	Paku-paku spike lattice patah (Jam)
1,16	0,58	2,88	3,75	4,8333
1,55	0,62	2,5	3,45	4,25
1,95	0,82	2,33	3,83	4,35
1,75	0,52	2,5	3,3	4,3667
1,33	0,58	2	3,42	4,5833
1,75	0,92	2,41	3,67	4,0833
1,6	0,78	2,33	3,42	4,9167
1,33	1	2,26	3,75	4,0833
1,16	0,83	2,16	3,43	4,0333
1,41	0,75	2,16	3,83	4,9167
1,58	0,75	2,25	3,92	4,25
1,67	0,67	2,41	3,08	4,3333
1,41	0,55	2,58	3,5	4,0833
1,56	0,78	2,25	3,67	4,6667
1,16	0,67	2,5	3,7	4,0667
1,6	0,95	2,08	3,08	4,5
1,58	0,67	2,5	3,08	4,7833
1,33	0,73	2,67	3,13	4,6667
1,16	0,75	2,08	3,75	4,05
1,75	0,52	2,16	3,18	4,0833
1,83	0,58	2,33	3,17	4,2167
1,58	0,5	2,58	3,12	4
1,3	0,67	2,75	3,52	4,2167
1,45	0,85	2,42	3,92	4,45
1,63	0,58	2,42	3,75	4,8
1,16	0,92	2,42	3,28	5
1,41	0,63	2,75	3,15	4,4167
1,5	0,75	2,83	3,7	4,4
1,67	0,58	2,28	3,9	4,2333
1,91	0,83	2,55	3,63	4,1667
1,83	0,95	2,25	3,8	4,9167
1,41	0,75	2,42		4,5
1,67	0,63	2,75		4,6667
1,25	0,58			4,1667
1,33	1			4,25
1,33	0,83			4,8833
1,67	0,75			4,58
	0,92			4,33
	0,83			4,18
	0,75			4,91
	1			4,71
	0,58			

Lanjutan Tabel 4.5 Data Waktu Perbaikan

Permukaan karet flat belt tidak rata (Jam)	Flat belt		Spike Lattice	
	Karet flat belt longgar (Jam)	Flat belt putus (Jam)	Kayu spike lattice patah (Jam)	Paku-paku spike lattice patah (Jam)
	0,88			
	0,83			
	0,83			
	0,92			
	0,83			
	0,92			
	0,58			
	0,75			
	0,58			
	0,92			
	0,83			
	0,95			
	0,67			
	0,92			
	0,92			
	0,83			
	1			
	0,83			
	0,58			
	0,83			
	0,75			
	0,75			
	0,83			
	0,75			
	0,87			
	0,67			
	0,75			
	0,67			
	1			
	0,92			
	0,92			
	0,67			
	0,92			
	0,58			
	0,67			
	0,97			
	1			
	0,63			
	0,87			
	0,83			
	0,5			
	0,67			

Lanjutan Tabel 4.5 Data Waktu Perbaikan

Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata (Jam)	<i>Flat belt</i>		<i>Spike Lattice</i>	
	Karet <i>flat belt</i> longgar (Jam)	<i>Flat belt</i> putus (Jam)	Kayu <i>spike lattice</i> patah (Jam)	Paku-paku <i>spike lattice</i> patah (Jam)
	0,75			
	0,92			
	0,83			
	1			
	0,58			
	0,92			
	1			
	0,58			
	0,58			
	0,53			
	0,75			
	1			
	0,92			
	0,83			
	0,55			

Sumber: PT Industri Sandang Nusantara Tahun 2011-2013

Keterangan:

Tr: Data waktu antar perbaikan (Jam)

#### 4.3.2.3 Data Biaya Kegagalan

Biaya-biaya kegagalan yang diperhitungkan dalam penelitian ini adalah biaya tenaga kerja perawatan dan harga komponen. Biaya-biaya yang diperhitungkan sebagai berikut.

- a. Biaya Tenaga Kerja Perawatan

Tabel 4.6 Biaya Tenaga Kerja Perawatan

No.	Tenaga Kerja Perawatan	Biaya Per hari	Jumlah Gaji/jam	Jumlah Tenaga Kerja
1.	Tenaga Teknisi	105.000	13.125	2 Orang
	Jumlah	210.000	26.250	2Orang

Sumber: PT Industri Sandang Nusantara

- b. Harga Komponen Mesin

Tabel 4.7 Harga Komponen Mesin

No.	Jenis Komponen Mesin	Harga Komponen
1.	<i>Flat belt</i>	Rp 1.000.000
2.	<i>Spike lattice</i>	Rp 2.550.000

Sumber: PT Industri Sandang Nusantara

#### 4.4 Pengolahan Data

Pada pengolahan data ini akan dilakukan dengan menggunakan 2 cara pengolahan data yaitu pengolahan data kualitatif dan pengolahan data kuantitatif. Pada pengolahan data kualitatif akan menggunakan metode FMEA, sedangkan pengolahan data kuantitatif akan melakukan penentuan distribusi waktu antar kerusakan, waktu lama perbaikan, penentuan interval perawatan optimal, dan penentuan total biaya perawatan optimal.

##### 4.4.1 Pengolahan Data Kualitatif

###### 4.4.1.1 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Pada pengolahan data kualitatif ini akan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan yang mungkin menyebabkan setiap kegagalan fungsi dan untuk memastikan pengaruh kegagalan berhubungan dengan setiap bentuk kegagalan (Moubray, 1997). Untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan tertinggi pada setiap *failure* atau kegagalan yang terjadi pada komponen *flat belt* dan *spike lattice*, maka dilakukan analisis dengan menggunakan metode FMEA. Dalam FMEA akan dicantumkan penilaian prioritas resiko kegagalan fungsi komponen mesin kritis pada mesin *Blowing OM Patal Lawang* dengan didasarkan pada 4 kategori penilaian yakni nilai *severity* (seberapa parah kerusakannya), nilai *occurance* (berapa sering terjadi kerusakan/kegagalan), nilai *detection* (bagaimana kemungkinan pendeteksian keagalannya), dan penentuan RPN (*Risk Priority Number*). Adapun hasil FMEA didapatkan dari *brainstorming* dengan pihak manajemen perusahaan, khusus pada karyawan bagian *maintenance*. Tabel 4.8 merupakan *failure mode and failure effect* pada komponen *flat belt* dan Tabel 4.9 *failure mode and failure effect* pada komponen *spike lattice*.

Tabel 4.8 Failure Mode and Failure Effect Pada Komponen Flat Belt

No.	Failure	Failure Mode	Failure Effect
1	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Belt longgar</li> <li>➤ Usia komponen <i>flat belt</i></li> </ul>	Mesin jadi berbunyi kasar, lamban, dan komponen akan cepat rusak



Lanjutan Tabel 4.8 *Failure Mode and Failure Effect* Pada Komponen *Flat Belt*

No.	<i>Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
2.	Karet <i>flat belt</i> longgar	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Belt</i> longgar</li> <li>➤ Kurang pelumas</li> <li>➤ Usia komponen <i>flat belt</i></li> </ul>	Mesin <i>Blowing</i> menjadi macet
3.	<i>Flat belt</i> putus	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Belt</i> putus</li> <li>➤ Usia komponen <i>flat belt</i></li> </ul>	Mesin <i>Blowing</i> OM tidak berjalan

Tabel 4.9 *Failure Mode and Failure Effect* Pada Komponen *Spike Lattice*

No.	<i>Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>
1	Kayu pada <i>spike lattice</i> patah	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bahan baku dengan kelembaban yang tinggi</li> <li>➤ Bahan baku dengan jenis yang beraneka ragam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Material menumpuk di <i>conveyor</i></li> <li>➤ <i>Spike lattice</i> berhenti</li> </ul>
2.	Paku-paku <i>spike lattice</i> patah	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bahan baku kotor</li> <li>➤ Bahan baku dengan jenis yang beraneka ragam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Spike lattice</i> berhenti</li> <li>➤ Material tidak dapat melanjutkan ke proses selanjutnya</li> </ul>

### 1. Perhitungan Nilai *Severity*

*Severity* menunjukkan seberapa serius dampak dari kegagalan suatu proses terhadap proses selanjutnya. Nilai *severity* diperoleh melalui *brainstorming* dengan pihak perusahaan terhadap dampak dan gangguan yang ditimbulkan dari potensi kegagalan yang terjadi, selain itu nilai *severity* mengacu pada interpolasi lama *downtime* yang terjadi. Penentuan waktu *downtime* tertinggi dan terendah di dapat dari *brainstorming* dengan pihak manajemen perusahaan dengan berdasarkan data lama *downtime* komponen pada mesin *Blowing* OM.

Nilai *severity* dari ragam kegagalan, penyebabnya dan efeknya dapat dilihat pada Tabel 4.10

Tabel 4.10 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat Untuk *Severity*

Rating <i>Severity</i> pada FMEA		
Ranking	Akibat/ <i>Effect</i>	Akibat pada Produksi
1	Tidak ada akibat	Kurang dari $< \frac{1}{4}$ jam <i>downtime</i> mesin
		Kerugian yang ditimbulkan sangat kecil dari sisi waktu
2	Sangat ringan	Menimbulkan <i>downtime</i> mesin $\frac{1}{4}$ - $< \frac{1}{2}$ jam
		Kerugian yang ditimbulkan sangat kecil dari sisi waktu

Lanjutan Tabel 4.10 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat Untuk *Severity*

Rating <i>Severity</i> pada FMEA		
Ranking	Akibat/ <i>Effect</i>	Akibat pada Produksi
3	Ringan	Menimbulkan <i>downtime</i> mesin ½ - < 1 jam
		Kerugian yang ditimbulkan sangat kecil dari sisi waktu dan <i>opportunity cost</i>
4	Sangat rendah	Menimbulkan <i>downtime</i> mesin 1 - < 2 jam
		Kerugian yang ditimbulkan sangat kecil dari sisi waktu dan <i>opportunity cost</i>
5	Rendah	Menimbulkan <i>downtime</i> mesin 2 - < 3 Jam
		Kerugian yang ditimbulkan cukup besar dari sisi waktu dan <i>opportunity cost</i>
6	Sedang	Menimbulkan <i>downtime</i> mesin 3 - < 4 Jam
		Kerugian yang ditimbulkan relatif besar dari sisi waktu dan <i>opportunity cost</i>
7	Tinggi	Menimbulkan <i>downtime</i> mesin 4 - < 5 jam
		Kerugian yang ditimbulkan relatif besar dari sisi waktu dan <i>opportunity cost</i>
8	Sangat tinggi	Menimbulkan <i>downtime</i> mesin 5 - < 6 jam
		Kerugian yang ditimbulkan sangat besar dari sisi waktu dan <i>opportunity cost</i>
9	Berbahaya	Menimbulkan <i>downtime</i> mesin 6 - < 7 jam
		Kerugian yang ditimbulkan sangat besar dari sisi waktu dan <i>opportunity cost</i>
10	Sangat berbahaya	Menimbulkan <i>downtime</i> mesin $\geq 7$ jam
		Kerugian yang ditimbulkan tidak dapat diterima

Nilai *severity* dari ragam kegagalan, penyebabnya dan efeknya dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11 Nilai *Severity* Masing- Masing Kegagalan

No.	<i>Failure</i>	<i>Failure Effect</i>	Estimasi <i>Downtime</i>	(S)
1.	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	Mesin jadi berbunyi kasar, lamban, dan komponen akan cepat rusak	Membutuhkan waktu untuk perbaikan seperti semula ( <i>downtime</i> ) 1 - < 2 Jam	4
2.	Karet <i>flat belt</i> longgar	Mesin <i>Blowing</i> OM menjadi macet	½ - < 1 jam	3
3.	<i>Flat belt</i> putus	Mesin <i>Blowing</i> OM tidak berjalan	2 - < 3 jam	5
4.	Kayu pada <i>spike lattice</i> patah	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Material menumpuk di <i>conveyor</i></li> <li>➤ <i>Spike lattice</i> berhenti</li> </ul>	3 - < 4 Jam	6
5.	Paku-paku <i>spike lattice</i> patah	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Spike lattice</i> berhenti</li> <li>➤ Material tidak dapat melanjutkan ke proses selanjutnya</li> </ul>	4 - < 5 jam	7

Untuk keterangan estimasi *downtime* didapatkan dari *brainstorming* dengan perusahaan dan data perusahaan pada tahun 2011-2013. Dari Tabel 4.11 di atas dapat diketahui nilai *severity* tertinggi yaitu 7 pada permasalahan komponen *spike lattice* dengan jenis kerusakan paku-paku *spike lattice* patah.

## 2. Perhitungan Nilai Occurance

*Occurance* (O) menunjukkan seberapa sering bentuk kegagalan potensial tersebut terjadi. Nilai *occurance* diperoleh melalui *brainstorming* dengan pihak perusahaan terhadap frekuensi kegagalan yang terjadi pada komponen *flat belt* dan *spike lattice*. Kriteria evaluasi dan sistem peringkat untuk *occurance* dapat dilihat pada Tabel 4.12. Penentuan waktu frekuensi kejadian kegagalan tertinggi dan terendah di dapat dari *brainstorming* dengan pihak manajemen perusahaan dengan berdasarkan frekuensi kejadian kegagalan komponen pada mesin *Blowing OM*.

Tabel 4.12 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat untuk *Occurance*

Rating Kejadian ( <i>Occurance</i> ) pada FMEA			
Ranking	Kejadian	Kriteria Verbal	Frekuensi Kejadian Kegagalan
1	Hampir tidak pernah	Kerusakan/kegagalan proses yang hampir tidak pernah terjadi	1-4 kali per tahun
2	<i>Remote</i>	Kerusakan/kegagalan sangat jarang terjadi	5-8 kali per tahun
3	Sangat sedikit	Kerusakan/kegagalan proses jarang terjadi	9-11 kali per tahun
4	Sedikit	Kerusakan/kegagalan yang terjadi pada tingkat sedang	12-14 kali per tahun
5	Rendah	Kerusakan/kegagalan kadang-kadang terjadi	15-18 kali per tahun
6	Medium	Kerusakan/kegagalan proses cukup sering terjadi	19-24 kali per tahun
7	Agak tinggi	Kerusakan/kegagalan proses sering terjadi	25-30 kali per tahun
8	Tinggi	Kerusakan/kegagalan proses sering terjadi	31 - 35 kali per tahun
9	Sangat tinggi	Kerusakan/kegagalan proses sangat sering terjadi	36-41 kali per tahun
10	Hampir selalu	Kerusakan/kegagalan proses selalu terjadi	> 41 kali per tahun

Nilai *occurance* dari ragam kegagalan, dampak dan penyebabnya dapat dilihat pada Tabel 4.13

Tabel 4.13 Nilai *Occurance* Masing- masing Kegagalan

No.	<i>Failure</i>	<i>Failure Effect</i>	Kejadian	(O)
1.	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	Mesin jadi berbunyi kasar, lamban, dan komponen akan cepat rusak	15-18 kali per tahun	5
2.	Karet <i>flat belt</i> longgar	Mesin <i>Blowing</i> menjadi macet	19-24 kali per tahun	6
3.	<i>Flat belt</i> putus	Mesin <i>Blowing</i> OM tidak berjalan	12-14 kali per tahun	4
4.	Kayu pada <i>spike lattice</i> patah	Material menumpuk di <i>conveyor</i>	15-18 kali per tahun	5
5.	Paku-paku <i>spike lattice</i> patah	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Spike lattice</i> berhenti</li> <li>➤ Material tidak dapat melanjutkan ke proses selanjutnya</li> </ul>	15-18 kali per tahun	5

Untuk keterangan kejadian didapatkan dari *brainstorming* dengan perusahaan dan data perusahaan tiap tahun 2011, 2012 dan 2013. Dari Tabel 4.13 di atas dapat diketahui nilai *occurrence* tertinggi yaitu pada permasalahan karet *flat belt* longgar pada komponen *flat belt* dengan nilai *occurrence* 6.

### 3. Perhitungan Nilai *Detection*

*Detection* (D) menggambarkan kegiatan bagaimana sistem kontrol saat ini mampu mendeteksi adanya kegagalan yang terjadi selama proses produksi. Nilai *detection* didapatkan dari *brainstorming* dengan pihak perusahaan mengenai sistem alat kontrol pendeteksi kegagalan yang terjadi pada komponen *flat belt* dan *spike lattice*. Adapun kegagalan *spike lattice* menyebabkan *defect losses* memiliki ranking 10 dikarenakan, kegagalan dapat di deteksi setelah melihat *failure effect*, untuk ranking sebelumnya didapatkan dari interpolasi kemudahan pendeteksian. Kriteria evaluasi dan sistem peringkat untuk *detection* dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat untuk *Detection*

Rating deteksi ( <i>Detection</i> ) pada FMEA		
Ranking	Akibat	Kriterial Verbal
1	Hampir pasti	Terjadinya kegagalan dapat diketahui dari <i>failure mode</i>
		Dapat diketahui jauh hari sebelum aktivitas dilakukan
		Tidak membutuhkan fasilitas/peralatan khusus untuk melakukan pendeteksian
2	Sangat tinggi	Terjadinya kegagalan dapat diketahui dari <i>failure mode</i>
		Dapat diketahui jauh hari sebelum aktivitas dilakukan

Lanjutan Tabel 4.14 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat untuk Detection

Rating deteksi ( <i>Detection</i> ) pada FMEA		
Ranking	Akibat	Kriterial Verbal
3	Tinggi	Tidak membutuhkan fasilitas/peralatan khusus untuk melakukan pendeteksian
		Terjadinya kegagalan dapat diketahui dari <i>failure mode</i>
		Dapat diketahui jauh hari sebelum aktivitas dilakukan
4	<i>Moderately high</i>	Tidak membutuhkan fasilitas/peralatan khusus untuk melakukan pendeteksian
		Terjadinya kegagalan dapat diketahui dari <i>failure</i>
		Dapat diketahui saat aktivitas dilakukan
5	<i>Moderate</i>	Tidak membutuhkan fasilitas/peralatan khusus untuk melakukan pendeteksian
		Terjadinya kegagalan dapat diketahui dari <i>failure</i>
		Dapat diketahui saat aktivitas dilakukan
6	Rendah	Membutuhkan fasilitas/peralatan khusus untuk melakukan pendeteksian
		Terjadinya kegagalan dapat diketahui dari <i>failure</i>
		Dapat diketahui saat aktivitas dilakukan
7	Sangat rendah	Membutuhkan fasilitas/peralatan khusus untuk melakukan pendeteksian
		Terjadinya kegagalan dapat diketahui dari <i>failure effect</i>
		Dapat diketahui setelah aktivitas sedang dilakukan
8	<i>Remote</i>	Membutuhkan fasilitas/peralatan khusus untuk melakukan pendeteksian
		Terjadinya kegagalan dapat diketahui dari <i>failure effect</i>
		Dapat diketahui setelah aktivitas dilakukan
9	<i>Very remote</i>	Membutuhkan fasilitas/peralatan khusus untuk melakukan pendeteksian
		Terjadinya kegagalan dapat diketahui dari <i>failure effect</i>
		Dapat diketahui setelah aktivitas dilakukan
10	Tidak pasti	Membutuhkan fasilitas/peralatan khusus untuk melakukan pendeteksian
		Terjadinya kegagalan dapat diketahui dari <i>failure effect</i>
		Dapat diketahui setelah aktivitas dilakukan

Nilai *detection* dari ragam kegagalan, dampak dan penyebabnya dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Nilai *Detection* Masing-Masing Kegagalan

No.	<i>Failure</i>	<i>Failure Effect</i>	Deteksi	(D)
1.	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	Mesin jadi berbunyi kasar, lamban, dan komponen akan cepat rusak	Diketahui setelah mesin berbunyi kasar, dan lambat	7
2.	Karet <i>flat belt</i> longgar	Mesin <i>Blowing</i> menjadi macet	Diketahui setelah mesin berbunyi kasar, dan lambat, melihat <i>failure effect</i> yang ada	7
3.	<i>Flat belt</i> putus	Mesin <i>Blowing</i> OM tidak berjalan	Dapat diketahui setelah melihat mesin tidak berfungsi	8
4.	Kayu pada <i>spike lattice</i> patah	➢ Material menumpuk di <i>conveyor</i> ➢ <i>Spike lattice</i> berhenti	Dapat diketahui setelah mesin macet	8
5.	Paku-paku <i>spike lattice</i> patah	➢ <i>Spike lattice</i> berhenti ➢ Material tidak dapat melanjutkan ke proses selanjutnya	Dapat diketahui setelah mesin macet	8

Untuk keterangan deteksi didapatkan dari *brainstorming* dengan perusahaan dan data perusahaan pada tahun 2011-2013. Dari Tabel 4.15 di atas dapat diketahui nilai *severity* tertinggi yaitu 8 pada permasalahan komponen *flat belt* dengan kerusakan *flat belt* putus, dan pada komponen *spike lattice* dengan kerusakan kayu pada *spike lattice* patah dan paku-paku *spike lattice* patah.

#### 4. Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

Setelah mendapatkan nilai *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D) untuk tiap ragam penyebab kegagalan, maka dapat dilakukan proses perhitungan RPN sebagai prioritas untuk perbaikan yang akan dilakukan. RPN merupakan perkalian antara *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D). Pada tabel 4.16 dapat dilihat hasil dari perhitungan RPN pada komponen *flat belt* dan *spike lattice*. Nilai RPN masing-masing kegagalan dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Nilai RPN Masing-masing Kegagalan

No.	<i>Failure</i>	<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Effect</i>	S	O	D	RPN
1	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	➢ <i>Belt</i> longgar ➢ Usia komponen <i>flat belt</i>	Mesin jadi berbunyi kasar, lamban, dan komponen akan cepat rusak	4	5	7	140

Lanjutan Tabel 4.16 Nilai RPN Masing-masing Kegagalan

No.	Failure	Failure Mode	Failure Effect	S	O	D	RPN
2.	Karet <i>flat belt</i> longgar	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Belt</i> longgar</li> <li>➤ Kurang pelumas</li> <li>➤ Usia komponen <i>flat belt</i></li> </ul>	Mesin <i>Blowing OM</i> menjadi macet	3	6	7	126
3.	<i>Flat belt</i> putus	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Belt</i> putus</li> <li>➤ Usia komponen <i>flat belt</i></li> </ul>	Mesin <i>Blowing OM</i> tidak berjalan	5	4	8	160
4.	Kayu pada <i>spike lattice</i> patah	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bahan baku dengan kelembaban yang tinggi</li> <li>➤ Bahan baku dengan jenis yang beraneka ragam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Material menumpuk di <i>conveyor Spike lattice</i> berhenti</li> </ul>	6	5	8	240
5.	Paku-paku <i>spike lattice</i> patah	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bahan baku kotor</li> <li>➤ Bahan baku dengan jenis yang beraneka ragam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Spike lattice</i> berhenti</li> <li>➤ Material tidak dapat melanjutkan ke proses selanjutnya</li> </ul>	7	5	8	280

Setelah melalui melalui tahap penentuan kategori telah dilakukan. Pada Tabel 4.17 merupakan hasil dari analisis FMEA komponen kritis mesin *Blowing OM* Patal Lawang.

Tabel 4.17 Hasil Analisis FMEA Komponen Kritis Mesin *Blowing* OM Patal Lawang

<b>FMEA WORKSHEET</b>			<b>SISTEM : SISTEM OPERASI BLOWING</b>								
			<b>SUBSISTEM : BLOWING OM</b>								
<b>No.</b>	<b>Komponen</b>	<b>Function</b>	<b>Function Failure</b>	<b>Failure Mode</b>	<b>Failure Effect</b>			<b>S</b>	<b>O</b>	<b>D</b>	<b>R</b>
					<b>Local</b>	<b>System</b>	<b>Plant</b>				
1	<i>Flat belt</i>	Sebagai penghubung antar <i>pulley</i> roller dan <i>pulley</i> motor	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Belt</i> longgar</li> <li>➤ Usia komponen <i>flat belt</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mesin <i>Blowing</i> OM tidak berjalan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mesin tidak dapat berjalan</li> <li>➤ Material mengalami penumpukan pada mesin <i>Blowing</i> OM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Shutdown</li> <li>➤ Tidak dapat memenuhi target produksi</li> <li>➤ Biaya pemeliharaan meningkat</li> </ul>	4	5	7	140
			Karet <i>flat belt</i> longgar	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Belt</i> longgar</li> <li>➤ Kurang pelumas</li> <li>➤ Usia komponen <i>flat belt</i></li> </ul>				3	6	7	120
			<i>Flat belt</i> putus	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Belt</i> putus</li> <li>➤ Usia komponen <i>flat belt</i></li> </ul>				5	4	8	160
2	<i>Spike lattice</i>	Tempat untuk mencampur bahan baku menjadi homogen dan rata	Kayu pada <i>spike lattice</i> patah	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bahan baku dengan kelembaban yang tinggi</li> <li>Bahan baku dengan jenis yang beraneka ragam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Material menumpuk di <i>conveyor</i></li> <li>➤ Material tidak dapat melanjutkan ke proses selanjutnya</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Akan mempengaruhi proses selanjutnya</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Target produksi bale tidak sesuai dengan yang diharapkan</li> <li>➤ Biaya pemeliharaan meningkat</li> <li>➤ Material bahan baku menjadi heterogen</li> </ul>	6	5	8	240
			Paku-paku <i>spike lattice</i> patah	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bahan baku kotor</li> <li>➤ Bahan baku dengan jenis yang beraneka ragam</li> </ul>				7	5	8	280



#### 4.4.1.2 RCM II *Decision Worksheet*

##### a. *Failure Consequence*

Kerusakan atau kegagalan pada mesin *Blowing OM* menyebabkan produksi benang akan terhenti yang akan mempengaruhi target produksi atau kualitas benang yang dihasilkan tidak sesuai dengan yang diharapkan sehingga akan mengakibatkan kerugian terhadap perusahaan.

##### b. *Proactive Task*

Pada proses ini akan menentukan tindakan apa yang akan diberikan terhadap komponen-komponen kritis di mesin *Blowing OM*. Komponen-komponen kritis pada mesin *Blowing OM* akan diberikan tindakan *Scheduled On Condition Task (SOCT)*. Tindakan *scheduled on condition task* berarti komponen akan dilakukan pemeriksaan dan pendeteksian potensi kegagalan sehingga bisa diambil suatu tindakan yang bisa mencegah atau menghindari terjadinya *function failure* atau kegagalan.

##### c. *Proposed Task*

Setelah melakukan proses penggantian atau pengecekan, maka tindakan selanjutnya adalah menentukan tindakan perawatan yang akan dilakukan agar *functional failure* tidak dapat terjadi lagi atau meminimalisasi terjadinya hal tersebut. Setelah melakukan analisis dan pengamatan pada pihak *maintenance* di bagian mesin *Blowing OM*, maka dapat ditentukan tindakan-tindakan yang akan diberikan pada komponen-komponen mesin *Blowing OM* yang kritis. Perlakuan-perlakuan yang diberikan yaitu, *scheduled restoration task* (pemulihan kondisi komponen), *scheduled discard task* (penggantian item/komponen yang gagal), dan *default action* dengan kategori *failure finding* (pengecekan komponen secara periodik). Pada Tabel 4.18 menampilkan RCM II *decision worksheet I* pada komponen kritis.

Tabel 4.18 RCM II *Decision Worksheet*

<b>RCM DECISION WORKSHEET</b>			<b>SISTEM : SISTEM OPERASI BLOWING</b>					<b>Facilitator :</b>		<b>Date :</b>
			<b>SUBSISTEM : BLOWING OM</b>					<b>Auditor :</b>		<b>Year :</b>
<b>No .</b>	<b>Komponen</b>	<b>Function</b>	<b>Function Failure</b>	<b>Failure Mode</b>	<b>Failure Effect</b>			<b>Failure Consequences</b>	<b>Proactive Task</b>	<b>Proposed Task</b>
					<b>Local</b>	<b>System</b>	<b>Plant</b>			
1	Flat belt	Sebagai penghubung antar pulley roller dan pulley motor	Permukaan karet flat belt tidak rata	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Belt longgar</li> <li>➤ Usia komponen flat belt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kinerja Mesin Blowing OM terganggu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Material mengalami penumpukan pada mesin Blowing OM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tidak dapat memenuhi target produksi</li> <li>➤ Biaya pemeliharaan meningkat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Operasional consequence</li> </ul>	Schedule on condition task	Schedule discarded task
			Karet flat belt longgar	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Belt longgar</li> <li>➤ Kurang pelumas</li> <li>➤ Usia komponen flat belt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Kinerja Mesin Blowing OM terganggu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Material mengalami penumpukan pada mesin Blowing OM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tidak dapat memenuhi target produksi</li> <li>➤ Biaya pemeliharaan meningkat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Operasional consequence</li> </ul>	Schedule on condition task	Schedule restoration task
			Flat belt putus	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Belt putus</li> <li>➤ Usia komponen flat belt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mesin Blowing OM tidak dapat berjalan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mesin Blowing OM tidak dapat berjalan</li> <li>➤ Material mengalami penumpukan pada mesin Blowing OM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Shut down</li> <li>➤ Tidak dapat memenuhi target produksi</li> <li>➤ Biaya pemeliharaan meningkat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Operasional consequence</li> </ul>	Schedule on condition task	Schedule discarded task

Lanjutan Tabel 4.18 RCM II *Decision Worksheet*

<b>RCM DECISION WORKSHEET</b>			<b>SISTEM : SISTEM OPERASI BLOWING</b>					<b>Facilitator :</b>		<b>Date :</b>
			<b>SUBSISTEM : BLOWING OM</b>					<b>Auditor :</b>		<b>Year :</b>
<b>No .</b>	<b>Komponen</b>	<b>Function</b>	<b>Function Failure</b>	<b>Failure Mode</b>	<b>Failure Effect</b>			<b>Failure Consequences</b>	<b>Proactive Task</b>	<b>Proposed Task</b>
					<b>Local</b>	<b>System</b>	<b>Plant</b>			
2	Spike Lattice	Tempat untuk mencampur bahan baku menjadi homogen dan rata	Kayu pada spike lattice patah	Bahan baku dengan kelembaban yang tinggi	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Material menumpuk di conveyor</li> <li>➤ Material tidak dapat melanjutkan ke proses selanjutnya</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Akan mempengaruhi proses selanjutnya</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Target produksi bale tidak sesuai dengan yang diharapkan</li> <li>➤ Biaya pemeliharaan meningkat</li> <li>➤ Material bahan baku menjadi heterogen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Operational consequence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Schedule on condition task</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Scheduled discard task</li> </ul>
			Paku-paku spike lattice patah	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Bahan baku kotor</li> <li>➤ Bahan baku dengan jenis yang beraneka ragam</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tidak dapat membentuk bahan baku menjadi homogen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tidak dapat menuju ke proses selanjutnya</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Target produksi bale tidak dapat terpenuhi</li> <li>➤ Biaya pemeliharaan meningkat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Operational consequence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Schedule on condition task</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Scheduled discard task</li> </ul>

#### 4.4.2 Pengolahan Data Kuantitatif

Pada tahap pengolahan data kuantitatif melalui beberapa tahap yaitu, penentuan distribusi waktu antar kerusakan, waktu lama perbaikan, penentuan interval perawatan, dan penentuan biaya perawatan komponen.

##### 4.4.2.1 Penentuan Distribusi, *Goodness of Fit*, Pendugaan Parameter, Nilai *Mean Time to Failure* (MTTF), dan *Mean Time to Repair* (MTTR)

Perhitungan selanjutnya adalah mengidentifikasi pola distribusi dari data *Time to Failure* (TTF) dan data *Time to Repair* (TTR). Langkah awal yang dilakukan dalam menentukan distribusi ini adalah dengan menduga suatu distribusi data waktu kerusakan berdasarkan karakteristik dari macam-macam jenis distribusi kerusakan yang sesuai dengan penerapan dalam suatu aplikasi. Data-data kerusakan tersebut biasanya akan mengikuti pola salah satu dari empat jenis distribusi, yaitu distribusi *Weibull*, Eksponensial, Normal, dan Lognormal. Keempat distribusi inilah yang paling sering digunakan untuk menggambarkan pola atau model kerusakan atau fase keausan mesin dan komponen.

Setelah menduga jenis distribusi data TTF dan TTR, maka langkah selanjutnya adalah melakukan uji hipotesa *goodness of fit* terhadap data TTF dan TTR yang diperoleh untuk meyakinkan apakah pola distribusi data yang diduga sesuai dengan pola distribusi tertentu untuk diolah lebih lanjut untuk memperoleh nilai MTTF dan MTTR dari masing-masing komponen sesuai dengan distribusi yang terpilih.

##### 4.4.2.1.1 Penentuan Jenis Distribusi, Penentuan Parameter, Uji Kesesuaian Distribusi (*Goodness of Fit*), Nilai *Mean to Failure* (MTTF), dan *Mean Time to Repair* (MTTR) Komponen Mesin *Blowing OM*

###### 4.4.2.1.1.1 Penentuan Jenis Distribusi Untuk *Time to Failure* (TTF) Permukaan Karet *Flat Belt* Tidak Rata Pada Komponen *Flat Belt*

Langkah yang perlu dilakukan selanjutnya adalah menentukan suatu distribusi data waktu kerusakan berdasarkan karakteristik suatu distribusi sesuai dengan aplikasi penggunaannya. Pada bab sebelumnya telah dijelaskan bahwa ada empat macam jenis distribusi tersebut antara lain distribusi *Weibull*, Eksponensial, Normal, dan Lognormal.

Langkah awal yang dilakukan untuk menentukan distribusi suatu data kerusakan adalah membuat suatu hipotesa apakah data kerusakan mengikuti salah satu dari keempat jenis distribusi kerusakan. Data TTF Permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* diduga berdistribusi *Weibull*. Pendugaan jenis distribusi data TTF Permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* berdistribusi *Weibull* ini berdasarkan karakteristik *Weibull* yang merupakan distribusi yang biasanya digunakan untuk menggambarkan waktu hidup atau umur dari suatu komponen mesin yang berkaitan dengan laju kerusakan, maka langkah yang dilakukan adalah pengujian hipotesa lebih lanjut untuk memperkuat *Weibull* yang diduga adalah benar merupakan distribusi *Weibull*. Pengujian lebih lanjut itu adalah dengan melakukan uji *goodness of fit* untuk distribusi *Weibull*, yaitu uji *Mann*.

#### 4.4.2.1.1.2 Pengujian Kesesuaian Distribusi (*Goodness of Fit Test*) Data Time to Failure (TTF) Permukaan Karet Flat Belt Tidak Rata Pada Komponen Flat Belt

Berdasarkan karakteristik suatu distribusi kerusakan sesuai dengan aplikasi penggunaannya, maka diduga bahwa data TTF permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* berdistribusi *Weibull*. Untuk memperkuat distribusi *Weibull* yang diduga adalah benar merupakan distribusi *Weibull*, maka perlu dilakukannya uji *goodness of fit* dilakukan dengan menggunakan uji *Mann*. Hipotesis dan perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Formulasi Hipotesis

$H_0$ : Data TTF permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* berdistribusi *Weibull*

$H_1$ : Data TTF permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* tidak berdistribusi *Weibull*

2. Penentuan nilai  $\alpha$  (taraf nyata) dan nilai  $M_{tabel}$

$$\alpha = 0,01$$

$$k_1 = \frac{r}{2} = \frac{36}{2} = 18 \rightarrow V_1 = (2)(18) = 36$$

$$k_2 = \frac{r-1}{2} = \frac{35}{2} = 17,5 \rightarrow V_2 = (2)(17,5) = 35$$

$$F_{tabel} = F_{0,01,36,35} \\ = 2,222$$

3. Kriteria Pengujian

$H_0$  diterima jika  $F_{hitung} \leq F_{tabel}$

$H_0$  ditolak jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$

4. Uji Statistik

Berikut ini merupakan uji *Mann* data TTF permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* dan untuk hasil selengkapnya akan ditampilkan pada Tabel 4.19 di bawah ini.

Tabel 4.19 Uji *Mann* TTF Permukaan Karet *Flat Belt* Tidak Rata Pada Komponen *Flat Belt*

I	$t_i$	$\ln(t_i)$	$Z_i$	$M_i$	$\ln t_{i-1} - \ln t_i$	$\frac{\ln t_{i-1} - \ln t_i}{M_i}$
1	409,33	6,014522	-4,27665	1,112731	0,163422	0,146866
2	482	6,177944	-3,16392	0,525287	0,015767	0,030016
3	489,66	6,193711	-2,63863	0,351294	0,018394	0,05236
4	498,75	6,212105	-2,28734	0,266517	0,049215	0,18466
5	523,91	6,26132	-2,02082	0,216276	0,051141	0,23646
6	551,4	6,31246	-1,80454	0,183086	0,122616	0,669716
7	623,33	6,435076	-1,62146	0,159585	0,004003	0,025082
8	625,83	6,439079	-1,46187	0,142129	0,003063	0,021552
9	627,75	6,442142	-1,31974	0,128704	0,035076	0,272536
10	650,16	6,477218	-1,19104	0,11811	0,001291	0,010932
11	651	6,47851	-1,07293	0,109585	0,001013	0,009247
12	651,66	6,479523	-0,96335	0,102624	0,002559	0,02494
13	653,33	6,482082	-0,86072	0,096882	0,004017	0,041467
14	655,96	6,4861	-0,76384	0,092113	0,004745	0,051514
15	659,08	6,490845	-0,67173	0,088139	0,013937	0,158127
16	668,33	6,504782	-0,58359	0,084832	0,006086	0,071744
17	672,41	6,510868	-0,49876	0,082097	0,010239	0,124716
18	679,33	6,521107	-0,41666	0,079862	0,008677	0,108646
19	685,25	6,529784	-0,3368	0,078079	0,003394	0,043474
20	687,58	6,533178	-0,25872	0,076715	0,042943	0,559777
21	717,75	6,576121	-0,182	0,075749	0,005322	0,070258
22	721,58	6,581443	-0,10625	0,075177	0,009078	0,12075
23	728,16	6,590521	-0,03108	0,075006	0,017615	0,234844
24	741,1	6,608136	0,043929	0,075263	0,006255	0,083107
25	745,75	6,61439	0,119192	0,075991	0,000885	0,011641
26	746,41	6,615275	0,195183	0,077262	0,002569	0,03325
27	748,33	6,617844	0,272446	0,079187	0,020174	0,254763
28	763,58	6,638018	0,351632	0,081932	0,035697	0,435692
29	791,33	6,673715	0,433564	0,085763	0,033648	0,39234
30	818,41	6,707363	0,519328	0,091111	0,003562	0,03909
31	821,33	6,710925	0,610439	0,098727	0,030717	0,311129
32	846,95	6,741642	0,709166	0,110034	0,000236	0,002146



Lanjutan Tabel 4.19 Uji *Mann TTF* Permukaan Karet *Flat Belt* Tidak Rata Pada Komponen *Flat Belt*

I	$t_i$	$\ln(t_i)$	$Z_i$	$M_i$	$\frac{\ln t_{i-1} - \ln t_i}{M_i}$	$\frac{\ln t_{i-1} - \ln t_i}{M_i}$
33	847,15	6,741878	0,8192	0,128139	0,013658	0,106589
34	858,8	6,755536	0,947339	0,161495	0,009018	0,055843
35	866,58	6,764554	1,108834	0,246516	0,002973	0,012059
36	869,16	6,767527	1,355351			
						5,007333

Contoh perhitungan pada  $i = 409,33$

$$\begin{aligned} \ln(t_i) &= \ln(409,33) \\ &= 6,014522 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_i &= \ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1-0,5}{36+0,25}\right)\right] \\ &= -4,27665 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_i &= Z_2 - Z_1 \\ &= -3,16392 - (-4,27665) \\ &= 1,112731 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln(t_2) - \ln(t_1) &= 6,177944 - 6,014522 \\ &= 0,163422 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\ln t_{i-1} - \ln t_i}{M_i} &= \frac{0,163422}{1,112731} \\ &= 0,146866 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{hitung} &= \frac{k1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \left(\frac{\ln t_i + 1 - \ln t_i}{M_i}\right)}{k2 \sum_{i=1}^{r-1} \left(\frac{\ln t_i + 1 - \ln t_i}{M_i}\right)} \\ &= \frac{(18)(14005,2)}{17,5(10773,22)} \\ &= 1,337 \end{aligned}$$

#### 5. Penarikan Kesimpulan

Dari hasil perhitungan diatas  $F_{hitung} \leq F_{tabel}$  ( $1,337 \leq 2,222$ ) maka dapat disimpulkan bahwa  $h_0$  diterima, yaitu data TTF permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* berdistribusi *Weibull*.

#### 4.4.2.1.1.3 Perhitungan Parameter Untuk *Time to Failure* (TTF) Permukaan Karet *Flat Belt* Tidak Rata Pada Komponen *Flat Belt*

Setelah dilakukan uji *goodness of fit*, perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan parameter. Data pengolahan parameter TTF dapat dilihat pada Lampiran 10. Perhitungan parameter untuk *Time to Failure* (TTF) Permukaan karet *flat belt*

tidak rata pada komponen *flat belt* yang berdistribusi *Weibull* ini dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$\alpha = b$$

$$\beta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)}$$

Perhitungan nilai parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Gradien } b &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \\ &= \frac{(36)(-123,006) - (234,6872)(-20,025)}{(36)(1531,091) - (234,6872)^2} \\ &= 6,589 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \bar{y} - b \cdot \bar{x} \\ &= (-0,55625) - (6,589)(6,51909) \\ &= -43,513 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= b \\ &= 6,589 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= e^{-\left(\frac{a}{b}\right)} \\ &= e^{-\left(\frac{-43,513}{6,589}\right)} \\ &= 737,676 \end{aligned}$$

Keterangan :

$\alpha$  = Parameter bentuk

$\beta$  = Parameter skala

#### 4.4.2.1.1.4 Perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) Untuk *Time to Failure* (TTF) Permukaan Karet *Flat Belt* Tidak Rata Pada Komponen *Flat Belt*

Setelah dilakukan perhitungan parameter, tahap selanjutnya yaitu melakukan perhitungan *MeanTime to Failure* (MTTF). Oleh karena data *Time to Failure* (TTF) permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* berdistribusi *Weibull*, maka untuk perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* dilakukan dengan menggunakan rumus, sebagai berikut.



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

$$MTTF = 737,676 \Gamma \left(1 + \frac{1}{6,589}\right)$$

$$MTTF = 737,676 (0,932)$$

$$MTTF = 687,514 \text{ Jam}$$

#### 4.4.2.1.1.5 Penentuan Jenis Distribusi untuk *Time to Repair* (TTR) Permukaan Karet *Flat Belt* Tidak Rata Pada Komponen *Flat Belt*

Data TTR permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* diduga berdistribusi *Weibull*. Pendugaan jenis distribusi data TTR permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* berdistribusi *Weibull* ini berdasarkan karakteristik distribusi *Weibull* yang merupakan distribusi yang biasanya digunakan untuk menggambarkan waktu hidup atau umur dari suatu komponen mesin yang berkaitan dengan laju kerusakan dan waktu untuk menyelesaikan suatu pekerjaan, misalnya perbaikan mesin. Setelah pendugaan jenis distribusi pada data TTR permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt*, maka langkah yang dilakukan adalah pengujian hipotesa lebih lanjut untuk memperkuat distribusi *Weibull* yang diduga adalah benar merupakan distribusi *Weibull*. Pengujian lebih lanjut itu adalah dengan melakukan uji *goodness of fit* untuk distribusi *Weibull*, yaitu uji *Mann*.

#### 4.4.2.1.1.6 Pengujian Kesesuaian Distribusi (*Goodness of Fit Test*) Data *Time to Repair* (TTR) Permukaan Karet *Flat Belt* Tidak Rata Pada Komponen *Flat Belt*

Berdasarkan karakteristik suatu distribusi kerusakan sesuai dengan aplikasi penggunaannya, maka diduga bahwa data TTR permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* berdistribusi *Weibull*. Untuk memperkuat distribusi *Weibull* yang diduga adalah benar merupakan distribusi *Weibull*, maka perlu dilakukannya uji *goodness of fit* dilakukan dengan menggunakan uji *Mann*. Hipotesis dan perhitungannya adalah sebagai berikut:

##### 1. Formulasi Hipotesis

$H_0$ : Data TTR permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* berdistribusi *Weibull*

$H_1$ : Data TTR permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* tidak berdistribusi *Weibull*

2. Penentuan nilai  $\alpha$  (taraf nyata) dan nilai  $M_{tabel}$

$$\alpha = 0,01$$

$$k_1 = \frac{r}{2} = \frac{37}{2} = 18,5 \rightarrow V_1 = (2)(18,5) = 37$$

$$k_2 = \frac{r-1}{2} = \frac{36}{2} = 18 \rightarrow V_2 = (2)(18) = 36$$

$$F_{tabel} = F_{0,01,37,36} = 2,196$$

3. Kriteria Pengujian

$H_0$  diterima jika  $F_{hitung} \leq F_{tabel}$

$H_0$  ditolak jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$

4. Uji Statistik

Berikut ini merupakan uji *Mann* data TTR permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* dan untuk hasil selengkapnya akan ditampilkan pada Tabel 4.20 di bawah ini.

Tabel 4.20 Uji *Mann* TTR Permukaan Karet *Flat Belt* Tidak Rata Pada Komponen *Flat Belt*

i	$t_i$	$\ln(t_i)$	$Z_i$	$M_i$	$\frac{\ln t_{i-1} - \ln t_i}{t_i}$	$\frac{\ln t_{i-1} - \ln t_i}{M_i}$
1	1,16	0,14842	-4,30405	1,112343	0	0
2	1,16	0,14842	-3,19171	0,52488	0	0
3	1,16	0,14842	-2,66683	0,350867	0	0
4	1,16	0,14842	-2,31596	0,266068	0	0
5	1,16	0,14842	-2,04989	0,215803	0,074724	0,346258
6	1,25	0,223144	-1,83409	0,182587	0,039221	0,214806
7	1,3	0,262364	-1,6515	0,159058	0,022815	0,143436
8	1,33	0,285179	-1,49244	0,14157	0	0
9	1,33	0,285179	-1,35087	0,128111	0	0
10	1,33	0,285179	-1,22276	0,117479	0	0
11	1,33	0,285179	-1,10528	0,108912	0	0
12	1,33	0,285179	-0,99637	0,101905	0,058411	0,573186
13	1,41	0,34359	-0,89446	0,096111	0	0
14	1,41	0,34359	-0,79835	0,091283	0	0
15	1,41	0,34359	-0,70707	0,087244	0	0
16	1,41	0,34359	-0,61983	0,083863	0,027974	0,333566
17	1,45	0,371564	-0,53596	0,081042	0,033902	0,418319
18	1,5	0,405465	-0,45492	0,07871	0,03279	0,416588
19	1,55	0,438255	-0,37621	0,076815	0,006431	0,083719
20	1,56	0,444686	-0,2994	0,075318	0,012739	0,169136

Lanjutan Tabel 4.20 Uji *Mann TTR* Permukaan Karet *Flat Belt* Tidak Rata Pada Komponen *Flat Belt*

i	t <sub>i</sub>	ln(t <sub>i</sub> )	Z <sub>i</sub>	M <sub>i</sub>	ln t <sub>i-1</sub> -ln t <sub>i</sub> t <sub>i</sub>	$\frac{\ln t_{i-1} - \ln t_i}{M_i}$
21	1,58	0,457425	-0,22408	0,074197	0	0
22	1,58	0,457425	-0,14988	0,07344	0	0
23	1,58	0,457425	-0,07644	0,073047	0,012579	0,172201
24	1,6	0,470004	-0,00339	0,073031	0	0
25	1,6	0,470004	0,069639	0,073421	0,018576	0,253012
26	1,63	0,48858	0,14306	0,074264	0,024244	0,326452
27	1,67	0,512824	0,217324	0,075633	0	0
28	1,67	0,512824	0,292957	0,07764	0	0
29	1,67	0,512824	0,370596	0,080453	0	0
30	1,67	0,512824	0,45105	0,084338	0,046792	0,55482
31	1,75	0,559616	0,535387	0,089723	0	0
32	1,75	0,559616	0,62511	0,097356	0	0
33	1,75	0,559616	0,722467	0,108656	0,0447	0,41139
34	1,83	0,604316	0,831123	0,126713	0	0
35	1,83	0,604316	0,957836	0,159937	0,042787	0,267526
36	1,91	0,647103	1,117773	0,24457	0,020726	0,084745
37	1,95	0,667829	1,362343			
						4,769161

$$F_{hitung} = \frac{k1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \left( \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)}{k2 \sum_{i=1}^{r-1} \left( \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)}$$

$$= \frac{(18,5)(565,73)}{(18)(452,2)}$$

$$= 1,250$$

5. Penarikan Kesimpulan

Dari hasil perhitungan diatas  $F_{hitung} \leq F_{tabel}$  ( $1,250 \leq 2,196$ ) maka dapat disimpulkan bahwa  $h_0$  diterima, yaitu data TTR permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* berdistribusi *Weibull*.

**4.4.2.1.1.7 Perhitungan Parameter untuk *Time to Repair* (TTR) pada komponen Permukaan Karet *Flat Belt* Tidak Rata Pada Komponen *Flat belt***

Setelah dilakukan uji *goodness of fit*, perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan parameter. Pengolahan data parameter TTR dapat dilihat pada Lampiran 11. Perhitungan parameter untuk *Time to Repair* (TTR) permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* yang berdistribusi *Weibull* ini dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$\alpha = b$$

$$\beta = e^{-\left(\frac{\alpha}{b}\right)}$$

Perhitungan nilai parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Gradien } b &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \\ &= \frac{(37)(-1,88231) - (14,7424)(-20,5975)}{(37)(63,9755) - (14,7424)^2} \\ &= 4,638 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \bar{y} - b \cdot \bar{x} \\ &= (-0,55669) - (4,638)(0,398443) \\ &= -2,40484 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= b \\ &= 4,638 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= e^{-\left(\frac{\alpha}{b}\right)} \\ &= e^{-\left(\frac{-2,40484}{4,638}\right)} \\ &= 1,679 \end{aligned}$$

Keterangan :

$\alpha$  = Parameter bentuk

$\beta$  = Parameter skala

#### 4.4.2.1.1.8 Perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) untuk *Time to Repair* (TTR) pada Permukaan Karet *Flat Belt* Tidak Rata Pada Komponen *Flat Belt*

Setelah dilakukan perhitungan parameter, tahap selanjutnya yaitu melakukan perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR). Oleh karena data *Time to Repair* (TTR) permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* berdistribusi *Weibull*, maka untuk perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) permukaan karet *flat belt* tidak rata pada komponen *flat belt* dengan menggunakan rumus, sebagai berikut.

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

$$MTTR = 1,679 \Gamma\left(1 + \frac{1}{4,638}\right)$$

$$MTTR = 1,679 (0,9141)$$

$$MTTR = 1,534 \text{ Jam}$$

#### 4.4.2.2 Hasil Rekapitulasi Hasil Penentuan Distribusi, Uji *Goodness of Fit*, Penentuan Parameter, Nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) dari Komponen Kritis Mesin *Blowing OM*

Berdasarkan hasil pendugaan distribusi data TTF dan TTR komponen kritis, yaitu data TTF dan TTR komponen kritis berdistribusi *Weibull*, maka langkah-langkah uji *goodness of fit*, perhitungan parameter, nilai MTTF dan MTTR untuk komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata, karet *flat belt* longgar, *flat belt* putus dan untuk komponen *spike lattice* dengan jenis kerusakan kayu pada *spike lattice* patah, dan paku-paku *spike lattice* patah. Rekapitulasi uji distribusi data TTF komponen kritis mesin *Blowing OM* dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Rekapitulasi Uji Distribusi Data TTF Komponen Kritis Mesin *Blowing OM*

Komponen Kritis	Jenis Kerusakan	Distribusi (TTF)	Uji Distribusi	F <sub>Tabel</sub>	F <sub>Hitung</sub>	Hasil
Flat Belt	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,36,35} = 2,222$	1,337	H <sub>0</sub> Diterima
	Karet <i>flat belt</i> longgar	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,98,97} = 1,607$	1,440	H <sub>0</sub> Diterima
	<i>Flat belt</i> putus	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,32,31} = 2,340$	1,300	H <sub>0</sub> Diterima
Spike Lattice	Kayu pada <i>spike lattice</i> patah	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,30,29} = 2,411$	1,273	H <sub>0</sub> Diterima
	Paku-paku <i>spike lattice</i> patah	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,40,39} = 2,128$	1,409	H <sub>0</sub> Diterima

Tabel 4.22 merupakan rekapitulasi uji distribusi data TTR komponen kritis mesin *Blowing OM*.

Tabel 4.22 Rekapitulasi Uji Distribusi Data TTR Komponen Kritis Mesin *Blowing OM*

Komponen Kritis	Jenis Kerusakan	Distribusi (TTR)	Uji Distribusi	F <sub>Tabel</sub>	F <sub>Hitung</sub>	Hasil
Flat Belt	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,37,36} = 2,196$	1,250	H <sub>0</sub> Diterima
	Karet <i>flat belt</i> longgar	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,99,98} = 1,603$	1,435	H <sub>0</sub> Diterima
	<i>Flat belt</i> putus	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,33,32} = 2,308$	1,269	H <sub>0</sub> Diterima
Spike Lattice	Kayu pada <i>spike lattice</i> patah	<i>Weibull</i>	<i>Mann</i>	$F_{0,01,31,30} = 2,375$	1,272	H <sub>0</sub> Diterima

Lanjutan Tabel 4.22 Rekapitulasi Uji Distribusi Data TTR Komponen Kritis Mesin *Blowing OM*

	Paku-paku <i>spike lattice</i> patah	Weibull	Mann	$F_{0,01,41,40} = 2,107$	1,209	$H_0$ Diterima
--	--------------------------------------	---------	------	--------------------------	-------	----------------

Tabel 4.23 merupakan rekapitulasi parameter komponen kritis mesin *Blowing OM*

Tabel 4.23 Rekapitulasi Parameter Komponen Kritis Mesin *Blowing OM*

Komponen	Jenis Kerusakan	Distribusi	Ket	Parameter	
				$\alpha$	$\beta$
Flat Belt	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	Weibull	TF	6,589	737,676
		Weibull	TR	4,638	1,679
	Karet <i>flat belt</i> longgar	Weibull	TF	5,418	289,006
		Weibull	TR	6,042	1,098
	Flat belt putus	Weibull	TF	7,659	777,190
		Weibull	TR	12,497	2,516
Spike Lattice	Kayu pada <i>spike lattice</i> patah	Weibull	TF	7,432	878,578
		Weibull	TR	13,788	3,644
	Paku-paku <i>spike lattice</i> patah	Weibull	TF	6,099	685,023
		Weibull	TR	16,407	4,579

Tabel 4.24 merupakan rekapitulasi nilai MTTF dan MTTR komponen kritis mesin *Blowing OM*

Tabel 4.24 Rekapitulasi Nilai MTTF dan MTTR Komponen Kritis Mesin *Blowing OM*

Komponen	Jenis Kerusakan	MTTF (Jam)	MTTR (Jam)
Flat Belt	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	687,514	1,534
	Karet <i>flat belt</i> longgar	266,579	1,018
	Flat belt putus	729,781	2,414
Spike Lattice	Kayu pada <i>spike lattice</i> patah	824,106	3,509
	Paku-paku <i>spike lattice</i> patah	635,701	4,433

#### 4.4.2.3 Perhitungan Total Biaya Perawatan Optimum

Setelah dilakukan pengujian distribusi waktu antar kerusakan dan waktu antar perbaikan, langkah selanjutnya adalah menentukan total biaya perawatan optimum. Sebelum melakukan perhitungan total biaya perawatan optimum terlebih dahulu adalah menentukan biaya tenaga kerja, biaya kerugian produksi, dan biaya perbaikan komponen. Berikut merupakan perhitungan biaya tenaga kerja, biaya kerugian produksi, dan biaya perbaikan komponen.

### 1. Biaya Tenaga Kerja Perawatan

Biaya tenaga kerja merupakan biaya pekerja yang melakukan tindakan *maintenance* selama terjadi kerusakan pada mesin *Blowing OM*. Tenaga kerja tersebut berjumlah 2 orang tenaga teknis. Dimana jumlah jam kerja selama satu hari adalah 8 jam. Perhitungan tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Biaya Tenaga Kerja Perawatan

No.	Tenaga Kerja Perawatan	Biaya Per hari	Jumlah Gaji/jam	Jumlah Tenaga Kerja
1.	Tenaga Teknisi	105.000	13.125	2 Orang
	Jumlah	210.000	26.250	2 Orang

Jadi biaya total untuk tenaga kerja yang dikeluarkan perusahaan adalah sejumlah Rp 26.250 per jam dengan asumsi bahwa tenaga kerja tersebut *available* untuk melakukan kegiatan perawatan/perbaikan.

### 2. Biaya Kerugian Produksi

Biaya kerugian produksi merupakan biaya yang timbul akibat terjadinya *downtime*. Hal tersebut menyebabkan perusahaan mengalami kerugian (*loss production*) karena mesin tidak dapat produksi. Berikut ini akan dijelaskan perihal yang terjadi akibat *breakdown time* yang berpengaruh pada hasil produksi benang R30.

Pendapatan Benang R30 perjam = 10574 bale/perjam

Jika Harga Pokok Produksi (HPP) benang R30 per bale Rp 1.100,00 maka biaya kerugian produksi perjam adalah

$$\begin{aligned} \text{Co} &= \text{Pendapatan Benang R30 perjam} \times \text{HPP benang R30} \\ &= 10574 \text{ Bale} \times \text{Rp } 1.100 \\ &= \text{Rp } 11.631.400,00 \end{aligned}$$

### 3. Biaya Pergantian Komponen

Biaya ini timbul akibat adanya kerusakan komponen yang membutuhkan penggantian komponen pada mesin *Blowing OM* dapat dilihat pada Tabel 4.26 di bawah ini.

Tabel 4.26 Harga Komponen untuk Perawatan Mesin *Blowing OM*

No.	Jenis Komponen Mesin	Harga Komponen
1.	<i>Flat belt</i>	Rp 1.000.000
2.	<i>Spike lattice</i>	Rp 2.550.000

#### 4. Biaya Perbaikan

Biaya Perbaikan merupakan biaya yang dikeluarkan bila terjadi kerusakan komponen. Biaya ini meliputi biaya komponen, biaya kerugian produksi akibat penggantian dan biaya tenaga kerja perawatan.

Berikut ini adalah perhitungan biaya perbaikan komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata pada mesin *Blowing OM*. Untuk perhitungan biaya perbaikan komponen kritis yang lain pada mesin *Blowing OM* dapat dilihat pada Lampiran 5.

Diketahui :

Biaya Komponen	= Rp 1.000.000,00
Biaya Tenaga Teknisi	= Rp 26.250
Biaya Kerugian Produksi	= Rp 11.631.400,00 .
Waktu Standar Perbaikan <i>Failure</i> ( $T_f$ )	= 1,534 Jam
Waktu Standar Perbaikan <i>Preventive</i> ( $T_p$ )	= 0,75 Jam

Berikut ini adalah rumus perhitungan biaya perbaikan *corrective maintenance* (CF) dan biaya perbaikan *preventive maintenance* (CM).

$$CF \text{ Corrective} = (\text{Biaya Komponen} + (\text{Biaya Tenaga Teknisi} + \text{Biaya Kerugian Produksi}) \times T_f)$$

$$= (1.000.000 + (26.250 + 11.631.400) \times 1,534)$$

$$= \text{Rp } 18.882.845,1$$

$$CM \text{ Preventive} = (\text{Biaya Komponen} + (\text{Biaya Tenaga Teknisi} + \text{Biaya Kerugian Produksi}) \times T_p)$$

$$= (1.000.000 + (26.250 + 11.631.400) \times 0,75)$$

$$= \text{Rp } 9.743.237,5$$

Tabel 4.27 merupakan hasil perhitungan biaya perbaikan (CF) komponen kritis mesin *Blowing OM* yaitu *flat belt* dan *spike lattice* pada Patal Lawang.



Tabel 4.27 Biaya Perbaikan (CF) Komponen Mesin *Blowing OM*

Nama Komponen	Jenis Kerusakan	Biaya Komponen (Cr) (Rp)	Kerugian Produksi/jam (Co) (Rp)	Biaya Tenaga Teknisi/jam (Cw) (Rp)	T <sub>f</sub> (Jam)	T <sub>p</sub> (Jam)	CF <i>Corrective</i> (Rp)	CM <i>Preventive</i> (RP)
<i>Flat belt</i>	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	1.000.000	11.631.400,00	26.250,00	1,534	0,75	18.882.845,1	9.743.237,5
	Karet <i>flat belt</i> longgar	1.000.000	11.631.400,00	26.250,00	1,018	0,5	12.867.487,7	6.828.825
	<i>Flat belt</i> putus	1.000.000	11.631.400,00	26.250,00	2,414	1,6	29.141.567,1	19.652.240
<i>Spike lattice</i>	Kayu pada <i>spike lattice</i> patah	2.550.000	11.631.400,00	26.250,00	3,509	2,3	43.456.693,85	29.362.595
	Paku-paku <i>spike lattice</i> patah	2.550.000	11.631.400,00	26.250,00	4,433	3	54.228.362,45	37.522.950

Keterangan :

(T<sub>f</sub>) : Waktu Standar Perbaikan *Failure*

(T<sub>p</sub>) : Waktu Standar Perbaikan *Preventive*

CM : Biaya yang timbul karena adanya perawatan mesin yang dijadwalkan (*Preventive Maintenance*)

CF : Biaya yang timbul karena adanya perawatan mesin yang diluar perkiraan yang menyebabkan mesin berhenti

5. Total Biaya Perawatan Optimum

Dalam menentukan perawatan yang optimal pada tiap komponen maka, diperlukan parameter distribusi selang waktu kerusakan yang sesuai, biaya perawatan dan perbaikan komponen. Jika data berdistribusi *Weibull* maka rumus perhitungan TC optimum, sebagai berikut:

$$TC = (P(TTF \leq TM)CF) + (P(TTF > TM)CM)$$

Berikut adalah langkah-langkah dan perhitungan TC komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata, sebagai berikut:

c. Perhitungan Probabilitas Rusak

Perhitungan probabilitas rusak pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P(TTF \leq TM) &= \int_0^{TM} f(t)dt \\ &= \int_0^{TM} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right] dt \\ &= \int_0^{390} \frac{6,589}{737,676} \left(\frac{t}{737,676}\right)^{6,589-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{737,676}\right)^{6,589}\right] dt \\ &= 0,015 \end{aligned}$$

d. Probabilitas Masih Baik

Perhitungan probabilitas masih baik pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P(TTF > TM) &= \int_{TM}^{\infty} f(t)dt \\ &= \int_{TM}^{\infty} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right] dt \\ &= 1 - P(TTF \leq TM) \\ &= 1-0,015 \\ &= 0,985 \end{aligned}$$

e. Perhitungan TC

Berikut ini merupakan contoh perhitungan TC untuk komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata, sebagai berikut:

$$TC = (P(TTF \leq TM)CF) + (P(TTF > TM)CM) \times \frac{365}{TM}$$

$$TC = (0,015 \times 18.882.845,1) + (0,985 \times 9.743.237,5) \times \frac{365}{180}$$

$$= 9.265.133,61$$

Setelah melakukan perhitungan TC maka tabel 4.28 merupakan hasil rekap TC komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata pada mesin *Blowing OM* di Patal Lawang.

Tabel 4.28 Rekapitulasi TC Komponen *Flat Belt* Dengan Jenis Kerusakan Permukaan Karet *Flat Belt* Tidak Rata

Komponen	Jenis Kerusakan	TM	Probabilitas Rusak	Probabilitas Masih Baik	TC (Rp)
<i>Flat Belt</i>	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	390	0,015	0,985	9.265.133,61
		420	0,024	0,976	8.717.309,54
		450	0,038	0,962	8.320.088,08
		480	0,057	0,943	8.062.933,90
		510	0,084	0,916	7.973.519,82
		540	0,12	0,88	8.061.363,42
		570	0,167	0,833	8.350.597,67
		600	0,226	0,774	8.855.126,37
		630	0,298	0,702	9.589.801,72
		660	0,381	0,619	10.529.725,14
		690	0,475	0,525	11.675.217,92
		720	0,574	0,426	12.942.886,42
		750	0,672	0,328	14.244.552,43
		780	0,764	0,236	15.502.496,83
		810	0,834	0,166	16.477.111,04
		840	0,905	0,095	17.491.173,34
		870	0,948	0,052	18.113.496,52
900	0,975	0,025	18.509.559,57		
930	0,99	0,01	18.732.256,24		

Berdasarkan hasil perhitungan TC maka TC optimal komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata berada pada interval perawatan 510 Jam dengan TC optimal sebesar Rp 7.973.519,82.

#### 4.5 Analisis dan Pembahasan

##### 4.5.1 Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Berdasarkan hasil pengolahan data FMEA pada Tabel 4.17 dapat diketahui bahwa nilai RPN tertinggi sebesar 280 pada kerusakan paku-paku *spike lattice* patah, kerusakan komponen *spike lattice* jenis kerusakan kayu pada *spike lattice* patah memiliki RPN sebesar 240, kerusakan komponen *flat belt* jenis kerusakan *flat belt* putus memiliki RPN sebesar 160, kerusakan komponen *flat belt* dengan jenis

kerusakan karet *flat belt* longgar memiliki RPN sebesar 126, dan kerusakan komponen *flat* permukaan karet *flat belt* tidak rata memiliki RPN sebesar 140.

#### 4.5.2 Analisis Penentuan Distribusi dan Uji *Goodness of Fit* Data TTF dan TTR Komponen Kritis Mesin *Blowing OM*

Setelah diketahui komponen kritis mesin *Blowing OM* langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi pola distribusi dari data TTF dan TTR komponen kritis. Tujuan mengidentifikasi pola distribusi data TTF dan TTR terlebih dahulu adalah untuk memudahkan pencarian parameter sesuai dengan distribusi data TTF dan TTR. Langkah awal yang dilakukan dalam menentukan pola distribusi ini adalah dengan menduga polas suatu distribusi data waktu kerusakan berdasarkan karakteristik dari macam-macam jenis distribusi kerusakan yang sesuai dengan penerapannya dalam suatu aplikasi. Setelah menduga jenis distribusi data TTF dan TTR, maka langkah selanjutnya adalah melakukan uji hipotesa *goodness of fit* terhadap data TTF dan TTR yang diperoleh untuk meyakinkan apakah pola distribusi data yang diduga sudah sesuai dengan pola distribusi tertentu. Rekapitulasi pendugaan dan hasil uji *goodness of fit* dapat dilihat pada Tabel 4.21 untuk data TTF komponen kritis dan Tabel 4.22 untuk data TTR komponen kritis.

Data TTF dan TTR masing-masing komponen kritis diduga berdistribusi *Weibull*. Pendugaan jenis distribusi data TTF dan TTR komponen kritis mesin *Blowing OM* berdistribusi *Weibull* ini berdasarkan karakteristik distribusi *Weibull* yang merupakan distribusi yang biasanya digunakan untuk menggambarkan waktu hidup atau umur dari suatu komponen mesin yang berkaitan dengan laju kerusakan. Setelah pendugaan jenis distribusi pada data TTF komponen mesin *Blowing OM*, maka langkah yang dilakukan adalah pengujian hipotesa lebih lanjut untuk memperkuat distribusi *Weibull* yang diduga adalah benar merupakan distribusi *Weibull*. Pengujian lebih lanjut itu adalah dengan melakukan uji *goodness of fit* untuk distribusi *Weibull*, yaitu uji *Mann*. Dari hasil perhitungan uji *Mann* dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  diterima, yaitu data TTF dan TTR komponen kritis mesin *Blowing OM*, yang terdiri dari komponen *flat belt* dengan kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata, karet *flat belt* longgar, dan *flat belt* putus, dan komponen *spike lattice* dengan kerusakan kayu pada *spike lattice* patah dan paku-paku *spike lattice* patah.

#### 4.5.3 Analisis Parameter *Time to Failure* (TTF) dan *Mean Time to Failure* Komponen Kritis Mesin *Blowing* OM

Setelah ditentukan distribusi yang mewakili masing-masing data TTF komponen kritis, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan parameter berdasarkan distribusi yang terpilih untuk masing-masing komponen. Data TTF komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan komponen *flat belt* dengan kerusakan karet *flat belt* tidak rata, karet *flat belt* longgar, dan *flat belt* putus, dan pada komponen *spike lattice* dengan kerusakan kayu *spike lattice* patah dan paku-paku *spike lattice* patahsama-sama berdistribusi *Weibull*. Sehingga parameter untuk data TTF dan komponen komponen tersebut adalah  $\alpha$  dan  $\beta$ .  $\alpha$  yang disebut parameter bentuk/*shape* dan  $\beta$  yang disebut parameter skala/*scale*. Perhitungan parameter data TTF komponen kritis mesin *Blowing* OM dapat dilihat pada tabel 4.23.

Berdasarkan hasil perhitungan parameter TTF masing-masing komponen kritis nilai  $\alpha$  untuk komponen *flat belt* dengan kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata, karet *flat belt* longgar, *flat belt* putus dan komponen *spike lattice* dengan kerusakan kayu *spike lattice* patah dan paku-paku *spike lattice* patah berada pada nilai  $\alpha > 5$ . Menurut Ebeling (1997), apabila nilai  $\alpha$  yang dihasilkan berada pada nilai  $\alpha > 5$ , maka akan terjadi peningkatan laju kerusakan, mendekati kurva normal. Apabila nilai parameter *shape* semakin kecil, maka semakin besar laju kerusakan yang dihasilkan sehingga kurva laju kerusakan memiliki bentuk kurva yang semakin memuncak. Hal ini bisa terjadi karena pada awal umur komponen sudah mengalami kerusakan, kemudian laju kerusakan mulai mengalami penurunan dan meningkat kembali seiring bertambahnya umur komponen. Selain itu, laju kerusakan yang besar dapat disebabkan oleh jarangya pemeriksaan yang dilakukan terhadap komponen.

Nilai dari parameter masing-masing komponen digunakan untuk melakukan perhitungan MTTF berdasarkan jenis distribusi yang terpilih. MTTF menunjukkan rata-rata interval waktu pada saat komponen selesai diperbaiki sampai pada saat komponen tersebut mengalami kerusakan berikutnya. Hasil rekapitulasi perhitungan nilai MTTF dapat dilihat pada Tabel 4.24. Dalam penelitian ini, komponen *flat belt* dengan kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata memiliki frekuensi kerusakan sebanyak 36 kali dan nilai MTTF sebesar 687,514 jam, komponen *flat belt* dengan kerusakan karet *flat belt* longgar memiliki frekuensi kerusakan sebanyak 98 kali dan nilai MTTF sebesar 266,579 Jam, komponen *flat belt* dengan kerusakan *flat belt* putus memiliki frekuensi kerusakan sebanyak 32 kali dan nilai MTTF sebesar

729,781 jam, komponen *spike lattice* dengan kerusakan kayu pada *spike lattice* patah memiliki frekuensi kerusakan 30 kali dan nilai MTTF sebesar 824,106 jam, serta komponen *spike lattice* dengan kerusakan paku-paku *spike lattice* patah 40 kali dan memiliki nilai MTTF sebesar 635,701 jam.

#### 4.5.4 Analisis Parameter *Time to Repair* (TTR) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) Komponen Kritis Mesin *Blowing OM*

Setelah ditentukan distribusi yang mewakili masing-masing data TTR komponen kritis, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan parameter berdasarkan distribusi yang terpilih untuk masing-masing komponen. Data TTR komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata, karet *flat belt* longgar, *flat belt* putus dan komponen *spike lattice* dengan kerusakan kayu *spike lattice* patah dan paku-paku *spike lattice* patah sama-sama berdistribusi *Weibull*. Sehingga parameter untuk data TTR komponen-komponen tersebut adalah  $\alpha$  dan  $\beta$ .  $\alpha$  yang disebut parameter bentuk/*shape* dan  $\beta$  yang disebut parameter skala/*scale*. Perhitungan parameter data TTR komponen kritis Mesin *Blowing OM* dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Berdasarkan hasil perhitungan parameter TTR masing-masing komponen kritis nilai  $\alpha$  untuk komponen *flat belt* dengan kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata, karet *flat belt* longgar, *flat belt* putus dan komponen *spike lattice* dengan kerusakan kayu *spike lattice* patah dan paku-paku *spike lattice* patah berada pada nilai  $\alpha > 5$ , Menurut Ebeling (1997), apabila nilai  $\alpha$  yang dihasilkan berada pada nilai  $\alpha > 5$ , maka akan terjadi peningkatan laju kerusakan, mendekati kurva normal. Apabila nilai parameter *shape* semakin kecil, maka semakin besar laju kerusakan yang dihasilkan sehingga kurva laju kerusakan memiliki bentuk kurva yang semakin memuncak. Hal ini bisa terjadi karena pada awal umur komponen sudah mengalami kerusakan, kemudian laju kerusakan mulai mengalami penurunan dan meningkat kembali seiring bertambahnya umur komponen. Selain itu, laju kerusakan yang besar dapat disebabkan oleh jarangya pemeriksaan yang dilakukan terhadap komponen.

Nilai dari parameter masing-masing komponen digunakan untuk melakukan perhitungan MTTR berdasarkan jenis distribusi yang terpilih. MTTR menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan dalam melakukan perbaikan terhadap komponen yang rusak. Hasil rekapitulasi perhitungan nilai MTTR dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa nilai MTTR tiap-tiap komponen berbeda-beda hal ini disebabkan karena perbedaan waktu pergantian tiap komponen. Komponen *flat belt* dengan kerusakankaret *flat belt* longgar memiliki MTTR yang paling kecil karena waktu yang digunakan untuk memperbaiki *flat belt* lebih cepat dan memiliki langkah-langkah perawatan yang lebih sedikit dibandingkan komponen kritis lain.

#### 4.5.5 Analisis Total Biaya Optimal dan Interval Perawatan Optimal

Pada subbab ini akan dijabarkan hasil Total biaya optimal dan interval perawatan yang optimal dari komponen kritis pada mesin *Blowing OM* di Patal lawang. Tabel 4.29 merupakan hasil rekap TC masing-masing komponen kritis mesin *Blowing OM*.

Tabel 4.29 Hasil Rekap Total Biaya Komponen Kritis Mesin *Blowing OM*

Komponen	Jenis Kerusakan	TM	Probabilitas Rusak	Probabilitas Masih Baik	TC (Rp)
Flat Belt	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	390	0,015	0,985	9.265.133,61
		420	0,024	0,976	8.717.309,54
		450	0,038	0,962	8.320.088,08
		480	0,057	0,943	8.062.933,90
		510	0,084	0,916	7.973.519,82
		540	0,12	0,88	8.061.363,42
		570	0,167	0,833	8.350.597,67
		600	0,226	0,774	8.855.126,37
		630	0,298	0,702	9.589.801,72
		660	0,381	0,619	10.529.725,14
		690	0,475	0,525	11.675.217,92
		720	0,574	0,426	12.942.886,42
		750	0,672	0,328	14.244.552,43
		780	0,764	0,236	15.502.496,83
		810	0,834	0,166	16.477.111,04
		840	0,905	0,095	17.491.173,34
		870	0,948	0,052	18.113.496,52
		900	0,975	0,025	18.509.559,57
		930	0,99	0,01	18.732.256,24
		Karet <i>flat belt</i> longgar	180	0,074	0,926
200	0,127		0,873	12.514.025,65	
220	0,204		0,796	11.643.362,11	
240	0,306		0,694	11.144.991,49	
260	0,431		0,569	11.000.673,81	
280	0,569		0,431	11.158.302,66	
300	0,706		0,294	11.527.117,02	
320	0,824		0,176	11.973.696,48	

Lanjutan Tabel 4.29 Hasil Rekap Total Biaya Komponen Kritis Mesin *Blowing OM*

Komponen	Jenis Kerusakan	TM	Probabilitas Rusak	Probabilitas Masih Baik	TC (Rp)
		340	0,91	0,09	12.369.198,81
		360	0,963	0,037	12.647.566,44
		380	0,988	0,012	12.791.789,04
		400	0,997	0,003	12.847.579,15
		420	0,999	0,001	12.860.554,79
	<i>Flat belt putus</i>	440	0,013	0,987	16.469.335,19
		460	0,018	0,982	15.837.488,17
		480	0,025	0,975	15.298.832,74
		500	0,034	0,966	14.849.179,88
		520	0,045	0,955	14.484.985,05
		540	0,06	0,94	14.234.945,03
		560	0,078	0,922	14.082.985,68
		580	0,101	0,899	14.061.553,06
		600	0,129	0,871	14.172.165,29
		620	0,162	0,838	14.416.144,59
		640	0,202	0,798	14.830.515,22
		660	0,249	0,751	15.418.331,67
		680	0,302	0,698	16.163.696,18
		700	0,362	0,638	17.086.986,05
		720	0,427	0,573	18.152.015,45
		740	0,497	0,503	19.359.106,15
		760	0,569	0,431	20.649.436,07
		780	0,642	0,358	22.001.140,18
		800	0,713	0,287	23.351.275,34
820	0,779	0,221	24.634.509,97		
<i>Spike Lattice</i>	<i>Kayu pada spike lattice patah</i>	600	0,057	0,943	19.321.128,86
		620	0,072	0,928	19.170.330,63
		640	0,091	0,909	19.176.541,30
		660	0,112	0,888	19.286.853,18
		680	0,138	0,862	19.582.837,38
		700	0,169	0,831	20.067.203,41
		720	0,204	0,796	20.713.788,26
		740	0,244	0,756	21.552.506,90
		760	0,289	0,711	22.585.344,84
		780	0,338	0,662	23.784.367,43
		800	0,393	0,607	25.210.267,85
820	0,451	0,549	26.774.363,56		
840	0,511	0,489	28.445.397,66		
860	0,574	0,426	30.252.967,73		



Lanjutan Tabel 4.29 Hasil Rekap Total Biaya Komponen Kritis Mesin *Blowing* OM

Komponen	Jenis Kerusakan	TM	Probabilitas Rusak	Probabilitas Masih Baik	TC (Rp)
		880	0,637	0,363	32.102.819,69
		900	0,698	0,302	33.929.037,69
		920	0,755	0,245	35.663.880,01
		940	0,808	0,192	37.302.083,80
		960	0,855	0,145	38.774.239,22
		980	0,895	0,105	40.042.028,19
		1000	0,927	0,073	41.066.721,54
	Paku-paku spike lattice patah	420	0,049	0,951	33.668.567,83
		440	0,065	0,935	32.628.581,65
		460	0,084	0,916	31.827.841,37
		480	0,108	0,892	31.308.167,44
		500	0,13	0,87	30.880.512,66
		520	0,174	0,826	31.191.108,52
		540	0,213	0,787	31.511.113,43
		560	0,258	0,742	32.137.954,21
		580	0,308	0,692	33.042.933,41
		600	0,363	0,637	34.225.351,39
		620	0,423	0,577	35.684.598,74
		640	0,486	0,514	37.354.485,17
		660	0,551	0,449	39.197.174,17
		680	0,616	0,384	41.138.813,43
		700	0,68	0,32	43.136.258,69
		720	0,742	0,258	45.145.134,11
		740	0,798	0,202	47.012.837,43
		760	0,848	0,152	48.724.826,71
		780	0,89	0,11	50.194.712,38
		800	0,924	0,076	51.408.115,20

Berdasarkan hasil rekap total biaya komponen kritis mesin *Blowing* OM dapat diketahui total biaya optimal dan interval perawatan optimal dengan menganalisa TC terkecil dari tiap jenis kerusakan komponen. Pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata memiliki interval perawatan optimal sebesar 510 jam dengan TC Rp 7.973.519,82, pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan karet *flat belt* longgar memiliki interval perawatan optimal sebesar 260 jam dengan TC Rp 11.000.673,81, pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan *flat belt* putus memiliki interval perawatan optimal sebesar 580 jam dengan TC Rp 14.061.553,06, sedangkan pada komponen *spike lattice* dengan jenis kerusakan kayu pada *spike lattice* patah memiliki interval perawatan optimal sebesar 620 jam dengan TC optimal sebesar Rp 19.170.330,63, serta komponen *spike lattice* dengan jenis kerusakan paku-paku *spike lattice* patah memiliki interval perawatan optimal sebesar 500 jam dengan TC optimal Rp 30.880.512,66.

#### 4.5.6 Analisis Penurunan Total Biaya Perawatan

Setelah adanya penentuan interval perawatan optimal dan total biaya optimal maka baru dapat menentukan besar jumlah penurunan biaya total biaya perusahaan dengan interval perawatan dahulu dengan total biaya optimal dengan interval perawatan penjadwalan optimal yang baru. Pada Tabel 4.30 merupakan Total biaya perawatan komponen kritis mesin *Blowing OM* Patal Lawang.

Tabel 4.30 Total Biaya perawatan Komponen Kritis Mesin *Blowing OM*

Nama Komponen	Jenis kerusakan	TC Perusahaan	TC Optimal	Penurunan Biaya
Flat belt	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	10.024.869,98	7.973.519,82	2.051.350,16
	Karet <i>flat belt</i> longgar	17.618.165,76	11.000.673,81	6.617.491,95
	<i>Flat belt</i> putus	14.575.156,10	14.061.553,06	513.603,04
Spike Lattice	Kayu pada <i>spike lattice</i> patah	19.247.151,77	19.170.330,63	76.821,14
	Paku-paku <i>spike lattice</i> patah	31.136.261,06	30.880.512,66	255.748,40
Jumlah		92.601.604,67	83.086.589,98	9.515.014,69

Untuk perhitungan TC perusahaan dapat dilihat pada Lampiran 8. Dari Tabel 4.30 terdapat penurunan biaya terbesar terletak pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan karet *flat belt* longgar. Perhitungan biaya ini sudah termasuk biaya komponen (perbaikan) dan biaya kerugian yang disebabkan *downtime*. Berikut ini adalah perhitungan penurunan biaya dalam mesin *Blowing OM* PT. Industri Sandang Nusantara, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Jumlah Penurunan Biaya}}{\text{Jumlah TC Perusahaan}} \times 100\% \\ &= \frac{9.515.014,69}{92.601.604,67} \times 100\% \\ &= 10,27\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan penurunan biaya maka TC optimal dibandingkan dengan TC perusahaan mengalami penurunan biaya sebesar 10,27 %.

#### 4.5.7 Analisis *Reliability Centered Maintenance (RCM) II*

Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM) II* merupakan proses yang dilakukan untuk menentukan apa saja yang harus dilakukan agar dapat mencegah terjadinya kegagalan dan untuk memastikan bahwa alat atau mesin dapat mencegah

terjadinya kegagalan dan untuk memastikan bahwa alat atau mesin dapat bekerja optimal sesuai dengan fungsinya saat dibutuhkan. Melalui metode RCM II ini akan diperoleh informasi yang penting untuk mengembangkan sistem *maintenance* sehingga dapat mengurangi kegagalan fungsi komponen mesin secara tiba-tiba dan juga bisa menjadi program pemeliharaan yang paling efisien dibandingkan dengan metode yang lain.

Berdasarkan RCM II *decision worksheet* diperoleh bahwa tindakan yang perlu dilakukan untuk setiap komponen yang sering mengalami kerusakan yaitu *scheduled restoration task*. Pada *scheduled* ini membutuhkan tindakan perawatan yang dapat mengurangi kemacetan produksi, biaya perbaikan dan membatasi atau mengurangi gangguan-gangguan yang menghambat pelaksanaan produksi. Sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan efektifitas untuk meningkatkan hasil produksi benang.

Tabel 4. 31 Kegiatan Perawatan yang Disarankan dan Interval Perawatan yang Optimal

Mesin	Komponen Kritis	Jenis Kerusakan	Kegiatan Perawatan	Interval Perawatan (Jam)
Blowing OM	Flat belt	Permukaan karet flat belt tidak rata	Scheduled discard task	510
		Karet flat belt longgar	Scheduled restoration task	260
		Flat belt putus	Scheduled discard task	580
	Spike lattice	Kayu pada spike lattice patah	Scheduled discard task	620
		Paku-paku spike lattice patah	Scheduled discard task	500

Berdasarkan tabel 4.31 dapat dilihat bahwa jenis kerusakan permukaan karet flat belt tidak rata perlu dilakukan kebijakan *scheduled discard task* yaitu penggantian pada komponen flat belt, tindakan yang sama juga dilakukan pada jenis kerusakan flat belt putus. Pada jenis kerusakan karet flat belt longgar dilakukan kebijakan perawatan *scheduled restoration task* dengan kegiatan pengecekan secara berkala pada flat belt, pengencangan kembali flat belt yang longgar. Pada komponen spike lattice dengan jenis kerusakan kayu pada spike lattice patah dan paku-paku spike lattice patah dengan melakukan tindakan *scheduled discard task* yaitu penggantian spike lattice.

Dari interval perawatan terdapat komponen yang memiliki selisih nilai interval perawatan yang paling tinggi yaitu komponen kayu pada spike lattice patah. Pada

komponen *spike lattice* dengan jenis kerusakan kayu pada *spike lattice* patah memiliki nilai interval perawatan optimal paling lama yaitu 620 jam. Pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan karet *flat belt* longgar, dan komponen *spike lattice* dengan jenis kerusakan paku-paku *spike lattice* patah didapatkan masing-masing interval perawatan sebesar 260 jam dan 500 jam. Sedangkan komponen yang memiliki waktu interval perawatan yang minim yaitu komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan karet *flat belt* longgar yakni sebesar 260 jam. Pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata dengan interval perawatan 510 jam. Waktu interval perawatan yang semakin singkat dapat meningkatkan jumlah kapasitas produksi dari benang tersebut karena *downtime* permesinan dapat ditekan seminimal mungkin sehingga mesin dapat bekerja secara optimal.



## BAB V PENUTUP

Pada bab penutup ini akan berisi kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan. Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan penelitian yang telah dirumuskan. Sedangkan saran dituliskan untuk memberikan masukan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, baik untuk tempat penelitian ataupun penelitian selanjutnya.

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pemilihan komponen kritis mesin *Blowing OM* dapat diketahui bahwa komponen *flat belt* dan *spike lattice* merupakan komponen kritis yang menjadi penyebab utama dari masalah *breakdown* mesin *Blowing OM*. Komponen *flat belt* berkontribusi menyebabkan *breakdown* 176 kali, sedangkan komponen *spike lattice* sebesar 70 kali dalam kurun waktu 3 tahun.
2. a. Dari hasil analisis interval perawatan optimal dari masing-masing komponen

Pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata memiliki interval perawatan optimal sebesar 510 jam dengan TC Rp 7.973.519,82, pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan karet *flat belt* longgar memiliki interval perawatan optimal sebesar 260 jam dengan TC Rp 11.000.673,81, pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan *flat belt* putus memiliki interval perawatan optimal sebesar 580 jam dengan TC Rp 14.061.553,06 sedangkan pada komponen *spike lattice* dengan jenis kerusakan kayu pada *spike lattice* patah memiliki interval perawatan optimal sebesar 620 jam dengan TC optimal sebesar Rp 19.170.330,63, serta komponen *spike lattice* dengan jenis kerusakan paku-paku *spike lattice* patah memiliki interval perawatan optimal sebesar 500 jam dengan TC optimal Rp 30.880.512,66.

- b. Dari hasil perhitungan interval perawatan optimal (TM) penurunan biaya terbesar terdapat pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan *flat belt* putus sebesar Rp 6.617.491,95. Total penurunan biaya secara keseluruhan berjumlah Rp 9.515.014,69 atau sebesar 10,27 %.
- c. Berdasarkan hasil analisis *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II kegiatan perawatan yang dilakukan pada jenis kerusakan permukaan karet *flat belt* tidak rata, *flat belt* putus, kayu pada *spike lattice* patah, dan paku-paku *spike lattice* patah adalah kegiatan perawatan *scheduled discard task*. Pada jenis kerusakan karet *flat belt* longgar dilakukan kegiatan perawatan *scheduled restoration task*.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada pihak perusahaan dan pihak lain dengan adanya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Saran untuk perusahaan berkaitan dengan hasil penelitian dapat mengaplikasikan rekomendasi perawatan dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II.
2. Penelitian serupa sebaiknya dilakukan secara menyeluruh untuk seluruh mesin-mesin dan komponen-komponen kritis pada proses produksi agar hasil yang diperoleh lebih baik dan lebih kompleks.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aji, Sang, 2012. Perancangan Kegiatan Perawatan dengan Metode *Reliability Centered Maintenance II* di unit *Crusher* PT. Semen Gresik (Persero). Malang : Teknik Industri Brawijaya.
- Assauri, Sofyan. 1993. Manajemen Produksi dan Operasi. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI.
- Besterfield, Dale H. 2003. *Total Quality Management*. New Delhi : Dorling Kindersley.
- Corder, Anthony. 1996. Teknik Manajemen Pemeliharaan. Jakarta : Erlangga.
- Ebeling, C.E. 1997. *An Introduction To Reliability And Maintainability Engineering*. McGraw-Hill Companies, Inc.
- Hamid. 2012. Sistem Perencanaan Perawatan Mesin dan Sistem Persediaan Suku Cadang dengan Pendekatan *Reliability Centered Maintenance II* dan *Reliability Centered Spares* pada PT. X. Malang : Teknik Mesin Brawijaya.
- Jardine, A.K.S. 1993. *Maintenance, Replacement, and Reliability*. Canada: Pittman Publishing Company.
- Lewis, E.E., 1996, *Introduction to Reliability Engineering 2nd edition*, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Moubray, J. 1997. *Reliability Centered Maintenance 2<sup>nd</sup> Edition*. New York : Industrial Press Inc.
- Nurchahyo, R., 2006, *Modern Maintenance Management and Spare Part Management*. Jakarta: Quality Buana Insani Colsuting.
- Sodikin, 2009, Perawatan Tali Pusat, EGC: Jakarta
- Sukmadinata, Syaodih Nana. 2006. Metode Penelitian Pendidikan. Bandung : Remaja Rosdakarya.
- Syahrial. 2013. Penerapan Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM) II* pada Mesin *Rotary Kiln* terhadap Produktivitas Semen di PT. Semen Gresik (Persero) Tbk. Malang: Teknik Mesin Brawijaya.

## LAMPIRAN 1

### PENGUJIAN KESESUAIAN DISTRIBUSI TTF DAN TTR

#### Pengujian Kesesuaian Distribusi (*Goodness of Fit Test*) Data *Time to Failure* (TTF) Karet *Flat Belt* Longgar pada Komponen *Flat Belt*

1. Formulasi Hipotesis

$H_0$ : Data TTF karet *flat belt* longgar pada komponen *flat belt* berdistribusi *Weibull*

$H_1$ : Data TTF karet *flat belt* longgar pada komponen *flat belt* tidak berdistribusi *Weibull*

2. Penentuan nilai  $\alpha$  (taraf nyata) dan nilai  $M_{tabel}$

$$\alpha = 0,01$$

$$k_1 = \frac{r}{2} = \frac{98}{2} = 49 \rightarrow V_1 = (2)(49) = 98$$

$$k_2 = \frac{r-1}{2} = \frac{97}{2} = 48,5 \rightarrow V_2 = (2)(48,5) = 97$$

$$F_{tabel} = F_{0,01,98,97} \\ = 1,607$$

3. Kriteria Pengujian

$H_0$  diterima jika  $F_{hitung} \leq F_{tabel}$

$H_0$  ditolak jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$

4. Uji Statistik

Berikut ini merupakan uji *Mann* data TTF karet *flat belt* longgar pada komponen *flat belt* dan untuk hasil selengkapnya akan ditampilkan pada tabel di bawah ini.

i	$t_i$	$\ln(t_i)$	$Z_i$	$M_i$	$\ln t_{i-1} - \ln t_i$	$\frac{\ln t_{i-1} - \ln t_i}{M_i}$
1	167,25	5,11949	-5,27811	1,103745	0,002448	0,002218
2	167,66	5,121938	-4,17437	0,516003	0,002502	0,004849
3	168,08	5,12444	-3,65836	0,341694	0,008413	0,024621
4	169,5	5,132853	-3,31667	0,256583	0,079798	0,311001
5	183,58	5,212651	-3,06009	0,205986	0,003643	0,017686
6	184,25	5,216294	-2,8541	0,172417	0,006761	0,039215
7	185,5	5,223055	-2,68168	0,148513	0,010724	0,072209
8	187,5	5,233779	-2,53317	0,130625	0,002184	0,016722
9	187,91	5,235963	-2,40255	0,116738	0,011482	0,098356
10	190,08	5,247445	-2,28581	0,105648	0,03021	0,285953
11	195,91	5,277655	-2,18016	0,096589	0,043695	0,452377



12	204,66	5,32135	-2,08357	0,089053	0,037168	0,417373
13	212,41	5,358518	-1,99452	0,082688	0,002915	0,035249
<b>i</b>	<b>t<sub>i</sub></b>	<b>ln(t<sub>i</sub>)</b>	<b>Z<sub>i</sub></b>	<b>M<sub>i</sub></b>	<b>ln t<sub>i-1</sub>-ln t<sub>i</sub></b>	$\frac{\ln t_i - 1 - \ln t_{i-1}}{M_i}$
14	213,03	5,361433	-1,91183	0,077242	0,004543	0,058816
15	214	5,365976	-1,83459	0,072532	0,000747	0,010304
16	214,16	5,366723	-1,76206	0,068419	0,006005	0,087774
17	215,45	5,372729	-1,69364	0,0648	0,004862	0,075026
18	216,5	5,377591	-1,62884	0,06159	0,000369	0,005998
19	216,58	5,37796	-1,56725	0,058727	0,001154	0,019644
20	216,83	5,379114	-1,50852	0,056158	0	0
21	216,83	5,379114	-1,45236	0,053841	0,002855	0,053032
22	217,45	5,381969	-1,39852	0,051743	0,000965	0,018655
23	217,66	5,382934	-1,34678	0,049835	0,007643	0,153372
24	219,33	5,390577	-1,29694	0,048093	0,002141	0,04451
25	219,8	5,392718	-1,24885	0,046498	0,002181	0,046915
26	220,28	5,394899	-1,20235	0,045033	0,00286	0,063519
27	220,911	5,39776	-1,15732	0,043684	0,002256	0,05165
28	221,41	5,400016	-1,11364	0,042438	0,003247	0,076502
29	222,13	5,403263	-1,0712	0,041286	0,025688	0,622191
30	227,91	5,428951	-1,02991	0,040219	0,009824	0,244262
31	230,16	5,438775	-0,98969	0,039227	0,003123	0,079623
32	230,88	5,441898	-0,95047	0,038305	0,008067	0,210592
33	232,75	5,449965	-0,91216	0,037447	0,015983	0,426824
34	236,5	5,465948	-0,87471	0,036647	0,012605	0,343964
35	239,5	5,478553	-0,83807	0,0359	0,005538	0,154257
36	240,83	5,484091	-0,80217	0,035203	0,00402	0,114185
37	241,8	5,488111	-0,76696	0,034552	0,000413	0,011967
38	241,9	5,488524	-0,73241	0,033943	0,001074	0,031649
39	242,16	5,489599	-0,69847	0,033373	0,004121	0,123483
40	243,16	5,49372	-0,6651	0,032841	0,001849	0,0563
41	243,61	5,495569	-0,63226	0,032343	0,000205	0,006345
42	243,66	5,495774	-0,59991	0,031878	0,034647	1,086868
43	252,25	5,530421	-0,56803	0,031443	0,001624	0,05165
44	252,66	5,532045	-0,53659	0,031038	0,010199	0,328589
45	255,25	5,542243	-0,50555	0,03066	0,000627	0,020438
46	255,41	5,54287	-0,47489	0,030309	0,008654	0,285537
47	257,63	5,551524	-0,44458	0,029983	0,004956	0,165296
48	258,91	5,556481	-0,4146	0,029681	0,000348	0,01171
49	259	5,556828	-0,38492	0,029402	0,000309	0,010504
50	259,08	5,557137	-0,35552	0,029146	0,002775	0,095219
51	259,8	5,559912	-0,32637	0,028911	0,002998	0,103691
52	260,58	5,56291	-0,29746	0,028698	0,000307	0,010696
53	260,66	5,563217	-0,26876	0,028505	0,002261	0,079318
54	261,25	5,565478	-0,24026	0,028332	0,002867	0,101181

55	262	5,568345	-0,21193	0,02818	0,006847	0,242966
56	263,8	5,575191	-0,18375	0,028047	0,001061	0,037824
<b>i</b>	<b>t<sub>i</sub></b>	<b>ln(t<sub>i</sub>)</b>	<b>Z<sub>i</sub></b>	<b>M<sub>i</sub></b>	<b>ln t<sub>i-1</sub>-ln t<sub>i</sub></b>	<b><math>\frac{\ln t_i - 1 - \ln t_i}{M_i}</math></b>
57	264,08	5,576252	-0,1557	0,027934	0,002949	0,10558
58	264,86	5,579201	-0,12777	0,027841	0,001773	0,063681
59	265,33	5,580974	-0,09992	0,027768	0,002522	0,090825
60	266	5,583496	-0,07216	0,027714	0,002478	0,089418
61	266,66	5,585974	-0,04444	0,027681	0,009666	0,349192
62	269,25	5,59564	-0,01676	0,027668	0,004632	0,167406
63	270,5	5,600272	0,010905	0,027676	0,035981	1,300049
64	280,41	5,636253	0,038582	0,027707	0,018864	0,680865
65	285,75	5,655117	0,066288	0,027759	0,018206	0,655848
66	291	5,673323	0,094048	0,027836	0,000859	0,03085
67	291,25	5,674182	0,121884	0,027937	0,013065	0,467649
68	295,08	5,687247	0,14982	0,028063	0,00044	0,015695
69	295,21	5,687687	0,177883	0,028218	0,006079	0,215427
70	297,01	5,693766	0,206101	0,028401	0,029525	1,039574
71	305,91	5,723291	0,234502	0,028616	0,001927	0,067333
72	306,5	5,725218	0,263118	0,028865	0,003778	0,130869
73	307,66	5,728995	0,291983	0,02915	0,005672	0,194577
74	309,41	5,734667	0,321134	0,029476	0,000549	0,018635
75	309,58	5,735217	0,350609	0,029846	0,001614	0,054071
76	310,08	5,73683	0,380455	0,030264	0,007326	0,242072
77	312,36	5,744156	0,410719	0,030737	0,008416	0,273819
78	315	5,752573	0,441456	0,03127	0,004751	0,15192
79	316,5	5,757323	0,472726	0,031873	0,007335	0,230125
80	318,83	5,764658	0,504599	0,032555	0,005723	0,175807
81	320,66	5,770381	0,537154	0,033327	0,018814	0,564531
82	326,75	5,789195	0,570481	0,034204	0,004732	0,13836
83	328,3	5,793928	0,604685	0,035205	0,013193	0,374749
84	332,66	5,807121	0,63989	0,036353	0,007248	0,199386
85	335,08	5,814369	0,676243	0,037679	0,006841	0,181551
86	337,38	5,82121	0,713922	0,03922	0,000356	0,009067
87	337,5	5,821566	0,753142	0,041031	0,005113	0,12461
88	339,23	5,826678	0,794173	0,043182	0,046143	1,068573
89	355,25	5,872822	0,837355	0,045777	0,009553	0,208689
90	358,66	5,882375	0,883132	0,048963	0,03156	0,644584
91	370,16	5,913935	0,932094	0,052966	0,025578	0,482911
92	379,75	5,939513	0,98506	0,058151	0,006692	0,115089
93	382,3	5,946206	1,043211	0,065144	0,008543	0,131141
94	385,58	5,954749	1,108355	0,075137	0,004528	0,060268
95	387,33	5,959277	1,183492	0,090729	0,005279	0,058181
96	389,38	5,964556	1,274221	0,119024	0,018877	0,158595
97	396,8	5,983432	1,393245	0,190916	0,132195	0,692426

98	452,88	6,115627	1,584161			
						19,62467

$$\begin{aligned}
 F_{\text{hitung}} &= \frac{k1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \left( \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)}{k2 \sum_{i=1}^{r-1} \left( \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)} \\
 &= \frac{(49)(565,73)}{(48,5)(452,2)} \\
 &= 1,440
 \end{aligned}$$

#### 5. Penarikan Kesimpulan

Dari hasil perhitungan diatas  $F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$  ( $1,440 \leq 1,607$ ) maka dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  diterima, yaitu data TTR karet *flat belt* longgar pada komponen *flat belt* berdistribusi *Weibull*.

### Pengujian Kesesuaian Distribusi (*Goodness of Fit Test*) Data *Time to Repair (TTR)* Karet *Flat Belt* Longgar pada Komponen *Flat Belt*

#### 1. Formulasi Hipotesis

$H_0$ : Data TTR karet *flat belt* longgar pada komponen *flat belt* berdistribusi *Weibull*

$H_1$ : Data TTR karet *flat belt* longgar pada komponen *flat belt* tidak berdistribusi *Weibull*

#### 2. Penentuan nilai $\alpha$ (taraf nyata) dan nilai $M_{\text{tabel}}$

$$\alpha = 0,01$$

$$k_1 = \frac{r}{2} = \frac{99}{2} = 49,5 \rightarrow V_1 = (2)(49,5) = 99$$

$$k_2 = \frac{r-1}{2} = \frac{98}{2} = 49 \rightarrow V_2 = (2)(49) = 98$$

$$\begin{aligned}
 F_{\text{tabel}} &= F_{0,01,99,98} \\
 &= 1,603
 \end{aligned}$$

#### 3. Kriteria Pengujian

$H_0$  diterima jika  $F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$

$H_0$  ditolak jika  $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$

#### 4. Uji Statistik

Berikut ini merupakan uji *Mann* data TTR karet *flat belt* longgar pada komponen *flat belt* dan untuk hasil selengkapnya akan ditampilkan pada tabel di bawah ini.

i	$t_i$	$\ln(t_i)$	$Z_i$	$M_i$	$\frac{\ln t_{i-1} - \ln t_i}{M_i}$
---	-------	------------	-------	-------	-------------------------------------

1	0,5	-0,69315	-5,28826	1,103693	0	0
2	0,5	-0,69315	-4,18457	0,51595	0,03279	0,063552
3	0,516667	-0,66036	-3,66862	0,341641	0	0
4	0,516667	-0,66036	-3,32698	0,256528	0,031749	0,123763
<b>i</b>	<b>t<sub>i</sub></b>	<b>ln(t<sub>i</sub>)</b>	<b>Z<sub>i</sub></b>	<b>M<sub>i</sub></b>	<b>ln t<sub>i</sub>-1- ln t<sub>i</sub></b>	<b>ln t<sub>i</sub> - 1 - ln t<sub>i</sub> M<sub>i</sub></b>
5	0,533333	-0,62861	-3,07045	0,20593	0,030772	0,149428
6	0,55	-0,59784	-2,86452	0,17236	0	0
7	0,55	-0,59784	-2,69216	0,148455	0,058841	0,396353
8	0,583333	-0,539	-2,54371	0,130566	0	0
9	0,583333	-0,539	-2,41314	0,116678	0	0
10	0,583333	-0,539	-2,29646	0,105587	00	0
11	0,583333	-0,539	-2,19088	0,096527	0	0
12	0,583333	-0,539	-2,09435	0,088989	0	0
13	0,583333	-0,539	-2,00536	0,082623	0	0
14	0,583333	-0,539	-1,92274	0,077176	0	0
15	0,583333	-0,539	-1,84556	0,072464	0	0
16	0,583333	-0,539	-1,7731	0,068351	0	0
17	0,583333	-0,539	-1,70475	0,064729	0	0
18	0,583333	-0,539	-1,64002	0,061519	0	0
19	0,583333	-0,539	-1,5785	0,058654	0	0
20	0,583333	-0,539	-1,51985	0,056083	0	0
21	0,583333	-0,539	-1,46376	0,053765	0,05557	1,03357
22	0,616667	-0,48343	-1,41	0,051665	0,026668	0,516177
23	0,633333	-0,45676	-1,35833	0,049755	0	0
24	0,633333	-0,45676	-1,30858	0,048011	0	0
25	0,633333	-0,45676	-1,26057	0,046414	0,051293	1,105122
26	0,666667	-0,40547	-1,21415	0,044947	0	0
27	0,666667	-0,40547	-1,16921	0,043596	0	0
28	0,666667	-0,40547	-1,12561	0,042349	0	0
29	0,666667	-0,40547	-1,08326	0,041195	0	0
30	0,666667	-0,40547	-1,04207	0,040125	0	0
31	0,666667	-0,40547	-1,00194	0,039131	0	0
32	0,666667	-0,40547	-0,96281	0,038206	0	0
33	0,666667	-0,40547	-0,92461	0,037346	0	0
34	0,666667	-0,40547	-0,88726	0,036543	0	0
35	0,666667	-0,40547	-0,85072	0,035793	0,09531	2,662792
36	0,733333	-0,31015	-0,81492	0,035093	0,022473	0,640376
37	0,75	-0,28768	-0,77983	0,034439	0	0
38	0,75	-0,28768	-0,74539	0,033827	0	0
39	0,75	-0,28768	-0,71157	0,033254	0	0
40	0,75	-0,28768	-0,67831	0,032718	0	0
41	0,75	-0,28768	-0,64559	0,032216	0	0
42	0,75	-0,28768	-0,61338	0,031748	0	0
43	0,75	-0,28768	-0,58163	0,031309	0	0

44	0,75	-0,28768	-0,55032	0,0309	0	0
45	0,75	-0,28768	-0,51942	0,030518	0	0
46	0,75	-0,28768	-0,4889	0,030162	0	0
47	0,75	-0,28768	-0,45874	0,029831	0	0
48	0,75	-0,28768	-0,42891	0,029523	0	0
<b>i</b>	<b>t<sub>i</sub></b>	<b>ln(t<sub>i</sub>)</b>	<b>Z<sub>i</sub></b>	<b>M<sub>i</sub></b>	<b><math>\frac{\ln t_{i-1} - \ln t_i}{M_i}</math></b>	<b><math>\frac{\ln t_i - 1 - \ln t_i}{M_i}</math></b>
49	0,75	-0,28768	-0,39939	0,029239	0	0
50	0,75	-0,28768	-0,37015	0,028977	0,043485	1,500672
51	0,783333	-0,2442	-0,34117	0,028736	0	0
52	0,783333	-0,2442	-0,31244	0,028517	0,041673	1,461353
53	0,816667	-0,20252	-0,28392	0,028317	0,020203	0,71345
54	0,833333	-0,18232	-0,2556	0,028137	3,89E-16	1,38E-14
55	0,833333	-0,18232	-0,22746	0,027977	0	0
56	0,833333	-0,18232	-0,19949	0,027836	0	0
57	0,833333	-0,18232	-0,17165	0,027715	0	0
58	0,833333	-0,18232	-0,14394	0,027612	0	0
59	0,833333	-0,18232	-0,11632	0,027529	0	0
60	0,833333	-0,18232	-0,0888	0,027464	0	0
61	0,833333	-0,18232	-0,06133	0,02742	0	0
62	0,833333	-0,18232	-0,03391	0,027395	0	0
63	0,833333	-0,18232	-0,00652	0,02739	0	0
64	0,833333	-0,18232	0,020872	0,027406	0	0
65	0,833333	-0,18232	0,048278	0,027443	0	0
66	0,833333	-0,18232	0,075721	0,027502	0	0
67	0,833333	-0,18232	0,103223	0,027585	0	0
68	0,833333	-0,18232	0,130808	0,027692	0,019803	0,715109
69	0,85	-0,16252	0,1585	0,027824	0,019418	0,697885
70	0,866667	-0,1431	0,186324	0,027984	0	0
71	0,866667	-0,1431	0,214308	0,028172	0,019048	0,676132
72	0,883333	-0,12405	0,24248	0,028392	0,037041	1,304642
73	0,916667	-0,08701	0,270872	0,028645	0	0
74	0,916667	-0,08701	0,299517	0,028935	0	0
75	0,916667	-0,08701	0,328452	0,029264	0	0
76	0,916667	-0,08701	0,357716	0,029637	0	0
77	0,916667	-0,08701	0,387353	0,030059	0	0
78	0,916667	-0,08701	0,417412	0,030535	0	0
79	0,916667	-0,08701	0,447947	0,031071	0	0
80	0,916667	-0,08701	0,479018	0,031676	0	0
81	0,916667	-0,08701	0,510695	0,03236	0	0
82	0,916667	-0,08701	0,543054	0,033134	0	0
83	0,916667	-0,08701	0,576188	0,034013	0	0
84	0,916667	-0,08701	0,610201	0,035015	0	0
85	0,916667	-0,08701	0,645216	0,036164	0	0
86	0,916667	-0,08701	0,68138	0,037489	0,035718	0,95276

87	0,95	-0,05129	0,718869	0,03903	0	0
88	0,95	-0,05129	0,757899	0,04084	0	0
89	0,95	-0,05129	0,798739	0,04299	0,017392	0,404556
90	0,966667	-0,0339	0,841729	0,045581	0,033902	0,743758
91	1	0	0,88731	0,048763	0	0
92	1	0	0,936073	0,052761	0	0
i	t <sub>i</sub>	ln(t <sub>i</sub> )	Z <sub>i</sub>	M <sub>i</sub>	$\frac{\ln t_{i-1} - \ln t_i}{M_i}$	$\frac{\ln t_i - 1 - \ln t_i}{M_i}$
93	1	0	0,988834	0,057938	0	0
94	1	0	1,046772	0,06492	0	0
95	1	0	1,111692	0,074896	0	0
96	1	0	1,186588	0,09046	0	0
97	1	0	1,277049	0,118707	0	0
98	1	0	1,395756	0,19048	0	0
99	1	0	1,586236			
						15,86145

$$\begin{aligned}
 F_{\text{hitung}} &= \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \left( \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)}{k_2 \sum_{i=1}^{r-1} \left( \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)} \\
 &= \frac{(49,5)(44,75)}{(49)(31,5)} \\
 &= 1,435
 \end{aligned}$$

#### 5. Penarikan Kesimpulan

Dari hasil perhitungan diatas  $F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$  ( $1,435 \leq 1,603$ ) maka dapat disimpulkan bahwa  $h_0$  diterima, yaitu data TTR karet *flat belt* longgar pada komponen *flat belt* berdistribusi *Weibull*.

### Pengujian Kesesuaian Distribusi (*Goodness of Fit Test*) Data *Time to Failure* (TTF) Komponen *Flat Belt* Dengan Kerusakan *Flat Belt* Putus

#### 1. Formulasi Hipotesis

$H_0$ : Data TTF komponen *flat belt* dengan kerusakan *flat belt* putus berdistribusi *Weibull*

$H_1$ : Data TTF komponen *flat belt* dengan kerusakan *flat belt* putus tidak berdistribusi *Weibull*

#### 2. Penentuan nilai $\alpha$ (taraf nyata) dan nilai $M_{\text{tabel}}$

$$\alpha = 0,01$$

$$k_1 = \frac{r}{2} = \frac{32}{2} = 16 \rightarrow V_1 = (2)(16) = 32$$

$$k_2 = \frac{r-1}{2} = \frac{31}{2} = 15,5 \rightarrow V_2 = (2)(15,5) = 31$$

$$F_{\text{tabel}} = F_{0,01,32,31}$$

$$= 2,340$$

### 3. Kriteria Pengujian

$H_0$  diterima jika  $F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$

$H_0$  ditolak jika  $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$

### 4. Uji Statistik

Berikut ini merupakan uji *Mann* data TTF komponen *flat belt* dengan kerusakan *flat belt* putus dan untuk hasil selengkapnya akan ditampilkan pada tabel di bawah ini.

i	$t_i$	$\ln(t_i)$	$Z_i$	$M_i$	$\frac{\ln t_{i-1} - \ln t_i}{M_i}$	$\frac{\ln t_i - 1 - \ln t_i}{M_i}$
1	505,4	6,22535	-4,15886	1,114529	0,002332	0,002092
2	506,58	6,227682	-3,04433	0,527179	0,00508	0,009636
3	509,16	6,232762	-2,51715	0,353289	0,153544	0,434614
4	593,66	6,386307	-2,16386	0,268624	0,070855	0,263771
5	637,25	6,457162	-1,89524	0,218506	0,018517	0,084745
6	649,16	6,475679	-1,67673	0,18545	0,036304	0,19576
7	673,16	6,511983	-1,49128	0,162098	0,001247	0,007693
8	674	6,51323	-1,32919	0,144805	0	0
9	674	6,51323	-1,18438	0,131563	0,000608	0,004622
10	674,41	6,513838	-1,05282	0,121171	0,011309	0,093329
11	682,08	6,525147	-0,93165	0,112873	0,020792	0,184204
12	696,41	6,545939	-0,81877	0,106168	0,005856	0,055156
13	700,5	6,551794	-0,71261	0,100715	0,009463	0,093954
14	707,16	6,561257	-0,61189	0,096275	0,019951	0,207226
15	721,41	6,581208	-0,51562	0,092679	0,032177	0,347183
16	745	6,613384	-0,42294	0,089808	0,001676	0,018667
17	746,25	6,615061	-0,33313	0,08758	0,000777	0,008871
18	746,83	6,615838	-0,24555	0,085943	0,053229	0,619355
19	787,66	6,669067	-0,15961	0,084869	0,009062	0,106774
20	794,83	6,678128	-0,07474	0,084356	0,0023	0,027262
21	796,66	6,680428	0,009618	0,084429	0,000627	0,007431
22	797,16	6,681055	0,094048	0,085144	0,007499	0,088068
23	803,16	6,688554	0,179192	0,0866	0,011143	0,128677
24	812,16	6,699697	0,265792	0,088958	0,00246	0,027648
25	814,16	6,702157	0,354751	0,09248	0,018606	0,201188
26	829,45	6,720763	0,447231	0,097601	0,013686	0,140226
27	840,88	6,734449	0,544832	0,105081	0,000535	0,005091
28	841,33	6,734984	0,649913	0,116375	0,003169	0,027227
29	844	6,738152	0,766287	0,134653	0,007331	0,054443
30	850,21	6,745483	0,90094	0,168553	0,01676	0,099437
31	864,58	6,762244	1,069493	0,255245	0,002022	0,007922

32	866,33	6,764266	1,324738			
						3,552273

$$\begin{aligned}
 F_{\text{hitung}} &= \frac{k1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \left( \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)}{k2 \sum_{i=1}^{r-1} \left( \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)} \\
 &= \frac{(16)(13035,65)}{(15,5)(10349,34)} \\
 &= 1,300
 \end{aligned}$$

#### 5. Penarikan Kesimpulan

Dari hasil perhitungan diatas  $F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$  ( $1,300 \leq 2,340$ ) maka dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  diterima, yaitu data TTF komponen *flat belt* dengan kerusakan *flat belt* putus berdistribusi *Weibull*.

### Pengujian Kesesuaian Distribusi (*Goodness of Fit Test*) Data Time to Repair (TTR) Komponen *Flat belt* Dengan Kerusakan *Flat Belt* Putus

#### 1. Formulasi Hipotesis

$H_0$ : Data TTR belt komponen *flat belt* dengan kerusakan *flat belt* putus berdistribusi *Weibull*

$H_1$ : Data TTR komponen *flat belt* dengan kerusakan *flat belt* putus tidak berdistribusi *Weibull*

#### 2. Penentuan nilai $\alpha$ (taraf nyata) dan nilai $M_{\text{tabel}}$

$$\alpha = 0,01$$

$$k_1 = \frac{r}{2} = \frac{33}{2} = 16,5 \rightarrow V_1 = (2)(16,5) = 33$$

$$k_2 = \frac{r-1}{2} = \frac{32}{2} = 16 \rightarrow V_2 = (2)(16) = 32$$

$$\begin{aligned}
 F_{\text{tabel}} &= F_{0,01,33,32} \\
 &= 2,308
 \end{aligned}$$

#### 3. Kriteria Pengujian

$H_0$  diterima jika  $F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$

$H_0$  ditolak jika  $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$

#### 4. Uji Statistik

Berikut ini merupakan uji *Mann* data TTR komponen *flat belt* dengan kerusakan *flat belt* putus dan untuk hasil selengkapnya akan ditampilkan pada tabel di bawah ini.

i	$t_i$	$\ln(t_i)$	$Z_i$	$M_i$	$\frac{\ln t_{i-1} - \ln t_i}{M_i}$	$\frac{\ln t_i - 1 - \ln t_i}{M_i}$
1	2	0,693147	-4,18964	1,114038	0,039221	0,035206



2	2,08	0,732368	-3,0756	0,526661	0	0
3	2,08	0,732368	-2,54894	0,352742	0,03774	0,106991
4	2,16	0,770108	-2,19619	0,268045	0	0
5	2,16	0,770108	-1,92815	0,217891	0	0
6	2,16	0,770108	-1,71026	0,184796	0,040822	0,220903
7	2,25	0,81093	-1,52546	0,1614	0	0
8	2,25	0,81093	-1,36406	0,14406	0	0
9	2,25	0,81093	-1,22	0,130763	0,004435	0,033913
10	2,26	0,815365	-1,08924	0,120312	0,010272	0,085375
<b>i</b>	<b>t<sub>i</sub></b>	<b>ln(t<sub>i</sub>)</b>	<b>Z<sub>i</sub></b>	<b>M<sub>i</sub></b>	<b><math>\frac{\ln t_{i-1} - \ln t_i}{M_i}</math></b>	<b><math>\frac{\ln t_i - 1 - \ln t_i}{M_i}</math></b>
11	2,283333	0,825636	-0,96893	0,111946	0,020232	0,180729
12	2,33	0,845868	-0,85698	0,105164	0	0
13	2,33	0,845868	-0,75182	0,099623	0,00143	0,01435
14	2,333333	0,847298	-0,65219	0,095083	0,032329	0,340008
15	2,41	0,879627	-0,55711	0,09137	0	0
16	2,41	0,879627	-0,46574	0,088363	0,002762	0,031262
17	2,416667	0,882389	-0,37738	0,085975	0	0
18	2,416667	0,882389	-0,2914	0,084147	0	0
19	2,416667	0,882389	-0,20726	0,082844	1,44E-15	1,74E-14
20	2,416667	0,882389	-0,12441	0,082051	0,033902	0,413177
21	2,5	0,916291	-0,04236	0,081776	0	0
22	2,5	0,916291	0,039414	0,08205	0	0
23	2,5	0,916291	0,121464	0,082935	0	0
24	2,5	0,916291	0,204399	0,084533	0,019803	0,234259
25	2,55	0,936093	0,288932	0,087009	0,011696	0,134423
26	2,58	0,947789	0,375941	0,090626	0,001291	0,014247
27	2,583333	0,949081	0,466568	0,095818	0,032998	0,34438
28	2,67	0,982078	0,562386	0,103344	0,029522	0,285673
29	2,75	1,011601	0,66573	0,114649	0	0
30	2,75	1,011601	0,780379	0,132889	0	0
31	2,75	1,011601	0,913268	0,166651	0,029853	0,179135
32	2,833333	1,041454	1,079918	0,252906	0,016336	0,064595
33	2,88	1,05779	1,332824			
						2,718627

$$\begin{aligned}
 F_{\text{hitung}} &= \frac{k1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \left( \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)}{k2 \sum_{i=1}^{r-1} \left( \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)} \\
 &= \frac{(16,5)(44,0133)}{(16)(35,746)} \\
 &= 1,269
 \end{aligned}$$

## 5. Penarikan Kesimpulan

Dari hasil perhitungan diatas  $F_{hitung} \leq F_{tabel}$  ( $1,269 \leq 2,308$ ) maka dapat disimpulkan bahwa  $h_0$  diterima, yaitu data TTR komponen *flat belt* dengan kerusakan *flat belt* putus berdistribusi *Weibull*.

### Pengujian Kesesuaian Distribusi (*Goodness of Fit Test*) Data *Time to Failure* (TTF) Komponen *Spike Lattice* Dengan Kerusakan Kayu Pada *Spike Lattice* Patah

#### 1. Formulasi Hipotesis

$H_0$ : Data TTF komponen *spike lattice* dengan kerusakan kayu pada *spike lattice* patah berdistribusi *Weibull*

$H_1$ : Data TTF komponen *spike lattice* dengan kerusakan kayu pada *spike lattice* patah tidak berdistribusi *Weibull*

#### 2. Penentuan nilai $\alpha$ (taraf nyata) dan nilai $M_{tabel}$

$$\alpha = 0,01$$

$$k_1 = \frac{r}{2} = \frac{30}{2} = 15 \rightarrow V_1 = (2)(15) = 30$$

$$k_2 = \frac{r-1}{2} = \frac{31}{2} = 14,5 \rightarrow V_2 = (2)(14,5) = 29$$

$$F_{tabel} = F_{0,01,30,29}$$

$$= 2,411$$

#### 3. Kriteria Pengujian

$H_0$  diterima jika  $F_{hitung} \leq F_{tabel}$

$H_0$  ditolak jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$

#### 4. Uji Statistik

Berikut ini merupakan uji *Mann* data TTF komponen *spike lattice* dengan kayu pada *spike lattice* patah dan untuk hasil selengkapnya akan ditampilkan pada tabel di bawah ini.

i	$t_i$	$\ln(t_i)$	$Z_i$	$M_i$	$\frac{\ln t_{i-1} - \ln t_i}{M_i}$	$\frac{\ln t_i - 1 - \ln t_i}{M_i}$
1	554	6,317165	-4,09432	1,115612	0,043982	0,039424
2	578,91	6,361147	-2,97871	0,528324	0,039658	0,075065
3	602,33	6,400805	-2,45039	0,354503	0,009337	0,026337
4	607,98	6,410142	-2,09588	0,269914	0,139437	0,516599
5	698,95	6,549579	-1,82597	0,219879	0,027809	0,126475
6	718,66	6,577388	-1,60609	0,186916	0,004193	0,022435
7	721,68	6,581582	-1,41917	0,163666	0,094443	0,577047
8	793,16	6,676025	-1,25551	0,146489	0,00577	0,039391
9	797,75	6,681795	-1,10902	0,133376	0,035501	0,266175

10	826,58	6,717297	-0,97564	0,123131	0,00232	0,018843
11	828,5	6,719617	-0,85251	0,115	0,010458	0,09094
12	837,21	6,730075	-0,73751	0,108486	0,001432	0,013203
13	838,41	6,731507	-0,62903	0,103253	0,000703	0,006813
14	839	6,732211	-0,52577	0,099068	0,004353	0,043938
15	842,66	6,736564	-0,42671	0,095772	0,025194	0,263066
16	864,16	6,761758	-0,33093	0,093256	0,002658	0,028502
17	866,46	6,764416	-0,23768	0,091454	0,008847	0,096743
18	874,16	6,773263	-0,14622	0,090333	0,008645	0,095703
19	881,75	6,781909	-0,05589	0,089896	0,017883	0,198928
20	897,66	6,799791	0,034006	0,090183	0,001547	0,017157
21	899,05	6,801339	0,124188	0,09128	0,013928	0,152591
22	911,66	6,815267	0,215468	0,093342	0,000954	0,010219
23	912,53	6,816221	0,30881	0,096624	0,003588	0,037133
<b>i</b>	<b>t<sub>i</sub></b>	<b>ln(t<sub>i</sub>)</b>	<b>Z<sub>i</sub></b>	<b>M<sub>i</sub></b>	<b>ln t<sub>i-1</sub> - ln t<sub>i</sub></b>	<b>ln t<sub>i-1</sub> - ln t<sub>i</sub></b> <b>M<sub>i</sub></b>
24	915,81	6,819809	0,405434	0,101562	0,007452	0,073373
25	922,66	6,827261	0,506996	0,10892	0,004725	0,043382
26	927,03	6,831986	0,615916	0,120166	0,003876	0,032254
27	930,63	6,835862	0,736082	0,138509	0,007355	0,053101
28	937,5	6,843217	0,874591	0,172686	0,010251	0,059364
29	947,16	6,853468	1,047277	0,260293	0,014725	0,05657
30	961,21	6,868193	1,30757			
						3,08077

$$\begin{aligned}
 F_{\text{hitung}} &= \frac{k1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \left( \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)}{k2 \sum_{i=1}^{r-1} \left( \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)} \\
 &= \frac{(15)(13649,43)}{(14,5)(11085,78)} \\
 &= 1,273
 \end{aligned}$$

##### 5. Penarikan Kesimpulan

Dari hasil perhitungan diatas  $F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$  ( $1,273 \leq 2,411$ ) maka dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  diterima, yaitu data TTF komponen *spike lattice* dengan kayu pada *spike lattice* patah berdistribusi *Weibull*.

### Pengujian Kesesuaian Distribusi (*Goodness of Fit Test*) Data Time to Repair (TTR) Komponen *Spike Lattice* Dengan Kerusakan Kayu Pada *Spike Lattice* Patah

#### 1. Formulasi Hipotesis

$H_0$ : Data TTR komponen *spike lattice* dengan kerusakan kayu pada *spike lattice* berdistribusi *Weibull*

$H_1$ : Data TTR komponen *spike lattice* dengan kerusakan kayu pada *spike lattice* tidak berdistribusi Weibull

2. Penentuan nilai  $\alpha$  (taraf nyata) dan nilai  $M_{\text{tabel}}$

$$\alpha = 0,01$$

$$k_1 = \frac{r}{2} = \frac{31}{2} = 15,5 \rightarrow V_1 = (2)(15,5) = 31$$

$$k_2 = \frac{r-1}{2} = \frac{30}{2} = 15 \rightarrow V_2 = (2)(16) = 32$$

$$F_{\text{tabel}} = F_{0,01,31,30} \\ = 2,375$$

3. Kriteria Pengujian

$H_0$  diterima jika  $F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$

$H_0$  ditolak jika  $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$

4. Uji Statistik

Berikut ini merupakan uji *Mann* data TTR komponen *spike lattice* dengan kerusakan kayu pada *spike lattice* dan untuk hasil selengkapnya akan ditampilkan pada tabel di bawah ini

i	$t_i$	$\ln(t_i)$	$Z_i$	$M_i$	$\frac{\ln t_i - 1 - \ln t_i}{M_i}$	$\frac{\ln t_i - 1 - \ln t_i}{M_i}$
1	3,083333	1,126011	-4,12711	1,115053	0	0
2	3,083333	1,126011	-3,01206	0,527732	0	0
3	3,083333	1,126011	-2,48433	0,353875	0,010753	0,030386
4	3,116667	1,136764	-2,13045	0,269246	0,005333	0,019808
5	3,133333	1,142097	-1,86121	0,219167	0,005305	0,024206
6	3,15	1,147402	-1,64204	0,186155	0,005277	0,028348
7	3,166667	1,15268	-1,45589	0,162851	0,005249	0,032234
8	3,183333	1,157929	-1,29303	0,145612	0,03093	0,212415
9	3,283333	1,188859	-1,14742	0,13243	0,005063	0,038234
10	3,3	1,193922	-1,01499	0,122107	0,034743	0,284528
11	3,416667	1,228665	-0,89288	0,113887	0	0
12	3,416667	1,228665	-0,779	0,10727	0,004866	0,045364
13	3,433333	1,233532	-0,67173	0,101919	0,004843	0,047515
14	3,45	1,238374	-0,56981	0,097596	0,014389	0,147432
15	3,5	1,252763	-0,47221	0,094137	0,004751	0,050465
16	3,516667	1,257514	-0,37808	0,091428	0,032637	0,35697
17	3,633333	1,290151	-0,28665	0,089392	0,009132	0,102163
18	3,666667	1,299283	-0,19726	0,087986	0	0
19	3,666667	1,299283	-0,10927	0,087195	0,00905	0,103789
20	3,7	1,308333	-0,02208	0,087033	0	0
21	3,7	1,308333	0,064957	0,087551	0,013423	0,153317
22	3,75	1,321756	0,152508	0,088841	0	0

23	3,75	1,321756	0,241349	0,091062	0	0
24	3,75	1,321756	0,332412	0,094474	0	0
25	3,75	1,321756	0,426885	0,09951	0,013245	0,133104
26	3,8	1,335001	0,526395	0,106935	0,008734	0,081673
27	3,833333	1,343735	0,633331	0,11821	0	0
28	3,833333	1,343735	0,75154	0,136523	0,017242	0,126292
29	3,9	1,360977	0,888063	0,170561	0,004264	0,025002
30	3,916667	1,365241	1,058625	0,257704	0	0
31	3,916667	1,365241	1,316328			
						2,043243

$$\begin{aligned}
 F_{\text{hitung}} &= \frac{k1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \left( \frac{\ln ti+1 - \ln ti}{Mi} \right)}{k2 \sum_{i=1}^{r-1} \left( \frac{\ln ti+1 - \ln ti}{Mi} \right)} \\
 &= \frac{(15,5)(60,08)}{(15)(48,8)} \\
 &= 1,272
 \end{aligned}$$

### 5. Penarikan Kesimpulan

Dari hasil perhitungan diatas  $F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$  ( $1,272 \leq 2,375$ ) maka dapat disimpulkan bahwa  $h_0$  diterima, yaitu data TTR belt komponen *spike lattice* dengan kerusakan kayu pada *spike lattice* berdistribusi *Weibull*.

### Pengujian Kesesuaian Distribusi (*Goodness of Fit Test*) Data *Time to Failure* (TTF) Komponen *Spike Lattice* Dengan Kerusakan Paku-Paku *Spike Lattice* Patah

#### 1. Formulasi Hipotesis

$H_0$ : Data TTF komponen *spike lattice* dengan kerusakan paku-paku *spike lattice* patah berdistribusi *Weibull*

$H_1$ : Data TTF komponen *spike lattice* dengan kerusakan paku-paku *spike lattice* patah tidak berdistribusi *Weibull*

#### 2. Penentuan nilai $\alpha$ (taraf nyata) dan nilai $M_{\text{tabel}}$

$$\alpha = 0,01$$

$$k_1 = \frac{r}{2} = \frac{40}{2} = 20 \rightarrow V_1 = (2)(20) = 40$$

$$k_2 = \frac{r-1}{2} = \frac{39}{2} = 19,5 \rightarrow V_2 = (2)(19,5) = 39$$

$$\begin{aligned}
 F_{\text{tabel}} &= F_{0,01,40,39} \\
 &= 2,128
 \end{aligned}$$

#### 3. Kriteria Pengujian

$H_0$  diterima jika  $F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$

$H_0$  ditolak jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$

#### 4. Uji Statistik

Berikut ini merupakan uji *Mann* data TTF komponen *spike lattice* dengan kerusakan paku-paku *spike lattice* patah dan untuk hasil selengkapnya akan ditampilkan pada tabel di bawah ini.

<b>i</b>	<b>t<sub>i</sub></b>	<b>In(t<sub>i</sub>)</b>	<b>Z<sub>i</sub></b>	<b>M<sub>i</sub></b>	<b>In t<sub>i</sub>-1- In t<sub>i</sub></b>	<b>In t<sub>i</sub> - 1 - In t<sub>i</sub> M<sub>i</sub></b>
1	433,75	6,072468	-4,38201	1,111298	0,01771	0,015936
2	441,5	6,090178	-3,27072	0,523787	0,033192	0,063368
3	456,4	6,12337	-2,74693	0,349722	0,002582	0,007383
4	457,58	6,125952	-2,39721	0,264868	0,016258	0,06138
5	465,08	6,142209	-2,13234	0,214542	0,080526	0,375336
6	504,08	6,222735	-1,9178	0,181261	0,001823	0,01006
7	505	6,224558	-1,73654	0,157661	0,0018	0,011419
8	505,91	6,226359	-1,57887	0,140096	0,017614	0,125728
9	514,9	6,243973	-1,43878	0,126552	0,013273	0,104884
<b>i</b>	<b>t<sub>i</sub></b>	<b>In(t<sub>i</sub>)</b>	<b>Z<sub>i</sub></b>	<b>M<sub>i</sub></b>	<b>In t<sub>i</sub>-1- In t<sub>i</sub></b>	<b>In t<sub>i</sub> - 1 - In t<sub>i</sub> M<sub>i</sub></b>
10	521,78	6,257246	-1,31223	0,115828	0,034471	0,297608
11	540,08	6,291717	-1,1964	0,107159	0,056337	0,525735
12	571,38	6,348054	-1,08924	0,10004	0,00984	0,098358
13	577,03	6,357894	-0,9892	0,094121	0,030802	0,327254
14	595,08	6,388696	-0,89508	0,089155	0,001545	0,017327
15	596	6,390241	-0,80592	0,084962	0,001174	0,013816
16	596,7	6,391414	-0,72096	0,081407	0,003931	0,048283
17	599,05	6,395345	-0,63955	0,078391	0,003666	0,046763
18	601,25	6,399011	-0,56116	0,075837	0,012807	0,168881
19	609	6,411818	-0,48533	0,073688	0,03772	0,511884

20	632,41	6,449538	-0,41164	0,0719	0,022159	0,308192
21	646,58	6,471697	-0,33974	0,070441	0,011793	0,16741
22	654,25	6,48349	-0,2693	0,069289	0,006596	0,095201
23	658,58	6,490086	-0,20001	0,068431	0,021303	0,311303
24	672,76	6,511389	-0,13158	0,067859	0,020582	0,3033
25	686,75	6,53197	-0,06372	0,067577	0,002545	0,03766
26	688,5	6,534515	0,003859	0,067597	0,007957	0,117707
27	694	6,542472	0,071456	0,067939	0,005976	0,087966
28	698,16	6,548448	0,139396	0,068641	0,008231	0,11991
29	703,93	6,556679	0,208035	0,069751	0,018202	0,260952
30	716,86	6,574881	0,277786	0,071359	0,000544	0,007623
31	717,25	6,575424	0,349137	0,073559	0,005096	0,069202
32	720,91	6,580514	0,422687	0,076522	0,029643	0,387383
33	742,6	6,610158	0,499209	0,080528	0,061875	0,768375
34	790	6,672033	0,579736	0,085994	0,005441	0,063271
35	794,31	6,677474	0,665734	0,093657	0,027774	0,296545
36	816,68	6,705247	0,759387	0,104917	0,001346	0,012829
37	817,78	6,706593	0,864304	0,122821	0,003936	0,031996
38	821	6,710523	0,987125	0,155662	0,011396	0,073213
39	830,41	6,721927	1,142787	0,239196	0,039266	0,164131
40	863,66	6,761179	1,381983			6,515575

$$\begin{aligned}
 F_{hitung} &= \frac{k1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \left( \frac{\ln ti+1 - \ln ti}{Mi} \right)}{k2 \sum_{i=1}^{r-1} \left( \frac{\ln ti+1 - \ln ti}{Mi} \right)} \\
 &= \frac{(20)(14734,97)}{(19,5)(10723,96)} \\
 &= 1,409
 \end{aligned}$$

### 5. Penarikan Kesimpulan

Dari hasil perhitungan diatas  $F_{hitung} \leq F_{tabel}$  ( $1,409 \leq 2,128$ ) maka dapat disimpulkan bahwa  $h_0$  diterima, yaitu data TTF komponen *spike lattice* dengan paku-paku *spike lattice* patah berdistribusi *Weibull*.

## Pengujian Kesesuaian Distribusi (*Goodness of Fit Test*) Data *Time to Repair* (TTR) Komponen *Spike Lattice* Dengan Kerusakan Paku-Paku *Spike Lattice* Patah

### 1. Formulasi Hipotesis

$H_0$ : Data TTR komponen *spike lattice* dengan kerusakan paku-paku *spike lattice* patah berdistribusi *Weibull*

$H_1$ : Data TTR komponen *spike lattice* dengan kerusakan paku-paku *spike lattice* patah tidak berdistribusi *Weibull*

### 2. Penentuan nilai $\alpha$ (taraf nyata) dan nilai $M_{tabel}$

$$\alpha = 0,01$$

$$k_1 = \frac{r}{2} = \frac{41}{2} = 20,5 \rightarrow V_1 = (2)(20,5) = 41$$

$$k_2 = \frac{r-1}{2} = \frac{40}{2} = 20 \rightarrow V_2 = (2)(20) = 40$$

$$F_{tabel} = F_{0,01,41,40} \\ = 2,107$$

### 3. Kriteria Pengujian

$H_0$  diterima jika  $F_{hitung} \leq F_{tabel}$

$H_0$  ditolak jika  $F_{hitung} > F_{tabel}$

### 4. Uji Statistik

Berikut ini merupakan uji *Mann* data TTR komponen *spike lattice* dengan kerusakan paku-paku *spike lattice* patah dan untuk hasil selengkapnya akan ditampilkan pada tabel di bawah ini.

i	$t_i$	$\ln(t_i)$	$Z_i$	$M_i$	$\ln t_{i-1} - \ln t_i$	$\frac{\ln t_i - \frac{1}{n} - \ln t_i}{M_i}$
1	4	1,386294	-4,40671	1,110984	0,008299	0,00747
2	4,033333	1,394593	-3,29572	0,523459	0,004124	0,007878
3	4,05	1,398717	-2,77226	0,34938	0,004107	0,011754
4	4,066667	1,402824	-2,42288	0,26451	0,00409	0,015463
5	4,083333	1,406914	-2,15837	0,214167	0	0
6	4,083333	1,406914	-1,94421	0,180868	0	0
7	4,083333	1,406914	-1,76334	0,157248	0	0



8	4,083333	1,406914	-1,60609	0,139662	0,020203	0,144655
9	4,166667	1,427116	-1,46643	0,126095	0	0
10	4,166667	1,427116	-1,34033	0,115345	0,003195	0,027699
11	4,18	1,430311	-1,22499	0,106649	0,008734	0,081892
12	4,216667	1,439045	-1,11834	0,099499	0	0
13	4,216667	1,439045	-1,01884	0,093547	0,003945	0,042169
14	4,233333	1,44299	-0,92529	0,088545	0,003929	0,044376
15	4,25	1,446919	-0,83675	0,084311	0	0
<b>i</b>	<b>t<sub>i</sub></b>	<b>In(t<sub>i</sub>)</b>	<b>Z<sub>i</sub></b>	<b>M<sub>i</sub></b>	<b>In t<sub>i</sub>-1- In t<sub>i</sub></b>	<b>In t<sub>i</sub> - 1 - In t<sub>i</sub> M<sub>i</sub></b>
16	4,25	1,446919	-0,75244	0,080711	0	0
17	4,25	1,446919	-0,67173	0,077644	0,018649	0,24018
18	4,33	1,465568	-0,59408	0,075034	0,00077	0,010256
19	4,333333	1,466337	-0,51905	0,072821	0,003839	0,052715
20	4,35	1,470176	-0,44623	0,07096	0,003824	0,053891
21	4,366667	1,474	-0,37527	0,069419	0,007605	0,109546
22	4,4	1,481605	-0,30585	0,068172	0,003781	0,055458
23	4,416667	1,485385	-0,23768	0,067204	0,007519	0,111881
24	4,45	1,492904	-0,17047	0,066504	0,011173	0,16801
25	4,5	1,504077	-0,10397	0,066071	0	0
26	4,5	1,504077	-0,0379	0,06591	0,017622	0,267357
27	4,58	1,521699	0,028012	0,066036	0,000728	0,011017
28	4,583333	1,522427	0,094048	0,066471	0,018019	0,271073
29	4,666667	1,540445	0,160519	0,067252	0	0
30	4,666667	1,540445	0,227771	0,068434	0	0
31	4,666667	1,540445	0,296205	0,070093	0,009243	0,131867
32	4,71	1,549688	0,366297	0,072343	0,01545	0,213562
33	4,783333	1,565138	0,43864	0,075355	0,003478	0,046158
34	4,8	1,568616	0,513996	0,079391	0,00692	0,087169
35	4,833333	1,575536	0,593387	0,084876	0,010292	0,121256
36	4,883333	1,585828	0,678263	0,092543	0,005446	0,058847
37	4,91	1,591274	0,770805	0,103786	0,001357	0,013074
38	4,916667	1,592631	0,874591	0,121638	0	0
39	4,916667	1,592631	0,996229	0,154354	0	0
40	4,916667	1,592631	1,150583	0,237543	0,016807	0,070754
41	5	1,609438	1,388126			
						2,477427

$$F_{hitung} = \frac{k1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \left( \frac{\ln ti+1 - \ln ti}{Mi} \right)}{k2 \sum_{i=1}^{r-1} \left( \frac{\ln ti+1 - \ln ti}{Mi} \right)}$$

$$= \frac{(20,5)(98,46)}{(20)(83,42)}$$

$$= 1,209$$

##### 5. Penarikan Kesimpulan

Dari hasil perhitungan diatas  $F_{hitung} \leq F_{tabel}$  ( $1,209 \leq 2,107$ ) maka dapat disimpulkan bahwa  $h_0$  diterima, yaitu data TTR komponen *spike lattice* dengan kerusakan bahan paku-paku *spike lattice* patah berdistribusi *Weibull*.

## LAMPIRAN 2

### PERHITUNGAN PARAMETER TTF DAN TTR

#### Perhitungan Parameter untuk *Time to Failure* (TTF) Karet *Flat Belt* Longgar Pada Komponen *Flat Belt*

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$\alpha = b$$

$$\beta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)}$$

Perhitungan nilai parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Gradien } b &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \\ &= \frac{(98)(-283,944) - (545,0435)(-55,639)}{(98)(3036,058) - (545,0435)^2} \\ &= 5,418 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \bar{y} - b \cdot \bar{x} \\ &= (-0,56774) - (5,418)(5,561669) \\ &= -30,703 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= b \\ &= 5,418 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= e^{-\left(\frac{a}{b}\right)} \\ &= e^{-\left(\frac{-43,513}{6,589}\right)} \\ &= 289,006 \end{aligned}$$

### Perhitungan Parameter untuk *Time to Failure* (TTF) Komponen *Flat belt* Dengan Kerusakan *Flat Belt* Putus

Perhitungan nilai parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Gradien } b &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \\ &= \frac{(32)(-111,198) - (210,6663)(-17,7363)}{(32)(1387,61) - (210,6663)^2} \\ &= 7,659 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \bar{y} - b \cdot \bar{x} \\ &= (-0,55426) - (7,659)(6,583321) \\ &= -50,9777 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= b \\ &= 7,659 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= e^{-\left(\frac{a}{b}\right)} \\ &= e^{-\left(\frac{-50,9777}{7,659}\right)} \\ &= 777,190 \end{aligned}$$

### Perhitungan Parameter untuk *Time to Failure* (TTF) Komponen *Spike Lattice* Dengan Kerusakan Kayu Pada *Spike Lattice* Patah

Perhitungan nilai parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Gradien } b &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \\ &= \frac{(30)(-106,05) - (201,1167)(-16,5928)}{(30)(1348,962) - (201,1167)^2} \\ &= 7,432 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \bar{y} - b \cdot \bar{x} \\ &= (-0,55309) - (7,432)(6,703889) \\ &= -50,3789 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= b \\ &= 7,432 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= e^{-\left(\frac{a}{b}\right)} \\ &= e^{-\left(\frac{-50,3789}{7,432}\right)} \\ &= 878,578 \end{aligned}$$

**Perhitungan Parameter untuk *Time to Failure* (TTF) Komponen *Spike Lattice* Dengan Kerusakan Paku-Paku *Spike Lattice* Patah**

Perhitungan nilai parameter  $\alpha$  dan  $\beta$  adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Gradien } b &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \\ &= \frac{(40)(-134,754) - (257,5195)(-22,3158)}{(40)(1659,369) - (257,5195)^2} \\ &= 6,099\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= \bar{y} - b \cdot \bar{x} \\ &= (-0,5579) - (6,099)(6,437987) \\ &= -39,8261\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha &= b \\ &= 6,099\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta &= e^{-\left(\frac{a}{b}\right)} \\ &= e^{-\left(\frac{-39,8261}{6,099}\right)} \\ &= 685,023\end{aligned}$$



### LAMPIRAN 3

#### PERHITUNGAN MTTF

##### Perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) untuk *Time to Failure* (TTF) Karet *Flat Belt* Longgar pada Komponen *Flat Belt*

Berikut ini merupakan perhitungan MTTF karet *flat belt* longgar pada komponen *flat belt*.

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

$$MTTF = 289,006 \Gamma\left(1 + \frac{1}{5,418}\right)$$

$$MTTF = 289,006 (0,9224)$$

$$MTTF = 266,579 \text{ Jam}$$

##### Perhitungan *Mean Time to Failure* (MTTF) untuk *Time to Failure* (TTF) Komponen *Flat belt* Dengan Kerusakan *Flat Belt* Putus

Berikut ini merupakan perhitungan MTTF komponen *flat belt* dengan kerusakan *flat belt* putus.

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

$$MTTF = 777,190 \Gamma\left(1 + \frac{1}{7,659}\right)$$

$$MTTF = 777,190 (0,939)$$

$$MTTF = 729,781 \text{ Jam}$$

**Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF) untuk Time to Failure (TTF) Komponen Spike Lattice Dengan Kerusakan Kayu Pada Spike Lattice Patah**

Berikut ini merupakan perhitungan MTTF komponen *spike lattice* dengan kerusakan kayu pada *spike lattice* patah.

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

$$MTTF = 878,578 \Gamma\left(1 + \frac{1}{7,432}\right)$$

$$MTTF = 878,578 (0,938)$$

$$MTTF = 824,106 \text{ Jam}$$

**Perhitungan Mean Time to Failure (MTTF) untuk Time to Failure (TTF) Komponen Spike Lattice Dengan Kerusakan Paku-Paku Spike Lattice Patah**

Berikut ini merupakan perhitungan MTTF komponen *spike lattice* dengan kerusakan paku-paku *spike lattice* patah.

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

$$MTTF = 685,023 \Gamma\left(1 + \frac{1}{6,099}\right)$$

$$MTTF = 685,023 (0,928)$$

$$MTTF = 635,701 \text{ Jam}$$

# UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN MTTR

### Perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) untuk *Time to Repair* (TTR) Karet *Flat Belt* Longgar pada Komponen *Flat Belt*

Berikut ini merupakan perhitungan MTTR dari komponen karet *flat belt* longgar pada komponen *flat belt*.

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

$$MTTR = 1,098 \Gamma \left( 1 + \frac{1}{6,042} \right)$$

$$MTTR = 1,098 (0,928)$$

$$MTTR = 1,018 \text{ Jam}$$

### Perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) untuk *Time to Repair* (TTR) Komponen *Flat belt* Dengan Kerusakan *Flat Belt* Putus

Berikut ini merupakan perhitungan MTTR dari komponen *flat belt* dengan kerusakan *flat belt* putus.

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

$$MTTR = 2,516 \Gamma \left(1 + \frac{1}{12,497}\right)$$

$$MTTR = 2,516 (0,9597)$$

$$MTTR = 2,414 \text{ Jam}$$

**Perhitungan Mean Time to Repair (MTTR) untuk Time to Repair (TTR) Komponen Spike Lattice Dengan Kerusakan Kayu Pada Spike Lattice Patah**

Berikut ini merupakan perhitungan MTTR dari komponen *spike lattice* dengan kerusakan kayu pada *spike lattice* patah.

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

$$MTTR = 3,644 \Gamma \left(1 + \frac{1}{13,788}\right)$$

$$MTTR = 3,644 (0,963)$$

$$MTTR = 3,509 \text{ Jam}$$

**Perhitungan Mean Time to Repair (MTTR) untuk Time to Repair (TTR) Komponen Spike Lattice Dengan Kerusakan Paku-Paku Spike Lattice Patah**

Berikut ini merupakan perhitungan MTTR dari komponen *spike lattice* dengan kerusakan paku-paku *spike lattice* patah.

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

$$MTTR = 4,579 \Gamma \left(1 + \frac{1}{16,407}\right)$$

$$MTTR = 4,579 (0,9683)$$

$$MTTR = 4,433 \text{ Jam}$$





# UNIVERSITAS BRAWIJAYA

## LAMPIRAN 5

### PERHITUNGAN BIAYA PERBAIKAN

#### Perhitungan Biaya Perbaikan Karet *Flat Belt* Longgar pada Komponen *Flat Belt*

Berikut ini merupakan perhitungan biaya perbaikan komponen karet *flat belt* longgar pada komponen *flat belt*.

Cr	= Rp 1.000.000,00
Cw	= Rp 26.250
Co	= Rp 11.631.400,00 .
Waktu Standar Perbaikan <i>Failure</i> ( $T_f$ )	= 1,018
Waktu Standar Perbaikan <i>Preventive</i> ( $T_p$ )	= 0,5

Berikut ini adalah rumus perhitungan biaya perbaikan *corrective maintenance* (CF) dan biaya perbaikan *preventive maintenance* komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan karet *flat belt* longgar.

$$\begin{aligned}
 CF \text{ Corrective} &= (\text{Biaya Komponen} + (\text{Biaya Tenaga Teknisi} + \text{Biaya} \\
 &\quad \text{Kerugian Produksi}) \times T_f) \\
 &= (1.000.000 + (26.250 + 11.631.400) \times 1,018) \\
 &= 12.867.487,7
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CM \text{ Preventive} &= (\text{Biaya Komponen} + (\text{Biaya Tenaga Teknisi} + \text{Biaya} \\
 &\quad \text{Kerugian Produksi}) \times T_p) \\
 &= (1.000.000 + (26.250 + 11.631.400) \times 0,5) \\
 &= 6.828.825
 \end{aligned}$$

### Perhitungan Biaya Perbaikan Komponen *Flat belt* Dengan Kerusakan *Flat Belt Putus*

Berikut ini merupakan perhitungan biaya perbaikan komponen *flat belt* dengan kerusakan *flat belt* putus.

$$\begin{aligned}
 Cr &= \text{Rp } 1.000.000,00 \\
 Cw &= \text{Rp } 26.250 \\
 Co &= \text{Rp } 11.631.400,00 . \\
 \text{Waktu Standar Perbaikan } Failure (T_f) &= 2,414 \\
 \text{Waktu Standar Perbaikan } Preventive (T_p) &= 1,6
 \end{aligned}$$

Berikut ini adalah rumus perhitungan biaya perbaikan *corrective maintenance* (CF) dan biaya perbaikan *preventive maintenance* komponen *flat belt* dengan jenis komponen *flat belt* dengan kerusakan *flat belt* putus.

$$\begin{aligned}
 CF \text{ Corrective} &= (\text{Biaya Komponen} + (\text{Biaya Tenaga Teknisi} + \text{Biaya} \\
 &\quad \text{Kerugian Produksi}) \times T_f) \\
 &= (1.000.000 + (26.250 + 11.631.400) \times 2,414) \\
 &= 29.141.567,1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CM \text{ Preventive} &= (\text{Biaya Komponen} + (\text{Biaya Tenaga Teknisi} + \text{Biaya} \\
 &\quad \text{Kerugian Produksi}) \times T_p) \\
 &= (1.000.000 + (26.250 + 11.631.400) \times 1,6) \\
 &= 19.652.240
 \end{aligned}$$

### Perhitungan Biaya Perbaikan Komponen *Spike Lattice* Dengan Kerusakan Kayu Pada *Spike Lattice* Patah

Berikut ini merupakan perhitungan biaya perbaikan komponen *spike lattice* dengan kerusakan tidak kayu pada *spike lattice* patah.

Cr	= Rp 2.250.000,00
Cw	= Rp 26.250
Co	= Rp 11.631.400,00 .
Waktu Standar Perbaikan <i>Failure</i> ( $T_f$ )	= 3,509
Waktu Standar Perbaikan <i>Preventive</i> ( $T_p$ )	= 2,3

Berikut ini adalah rumus perhitungan biaya perbaikan *corrective maintenance* (CF) dan biaya perbaikan *preventive maintenance* komponen *spike lattice* dengan kerusakan kayu pada *spike lattice* patah.

$$\begin{aligned}
 CF \text{ Corrective} &= (\text{Biaya Komponen} + (\text{Biaya Tenaga Teknisi} + \text{Biaya Kerugian Produksi}) \times T_f) \\
 &= (2.250.000 + (26.250 + 11.631.400) \times 3,509) \\
 &= 43.456.693,85
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 CM \text{ Preventive} &= (\text{Biaya Komponen} + (\text{Biaya Tenaga Teknisi} + \text{Biaya Kerugian Produksi}) \times T_p) \\
 &= (2.250.000 + (26.250 + 11.631.400) \times 2,3) \\
 &= 29.362.595
 \end{aligned}$$

### **Perhitungan Biaya Perbaikan Komponen *Spike Lattice* Dengan Kerusakan Paku-Paku *Spike Lattice* Patah**

Berikut ini merupakan perhitungan biaya perbaikan komponen *spike lattice* dengan kerusakan paku-paku *spike lattice* patah.

Cr	= Rp 2.250.000,00
Cw	= Rp 26.250
Co	= Rp 11.631.400,00 .
Waktu Standar Perbaikan <i>Failure</i> ( $T_f$ )	= 4,433
Waktu Standar Perbaikan <i>Preventive</i> ( $T_p$ )	= 3

Berikut ini adalah rumus perhitungan biaya perbaikan *corrective maintenance* (CF) dan biaya perbaikan *preventive maintenance* komponen *spike lattice* dengan kerusakan paku-paku *spike lattice* patah.

$$\begin{aligned}
 CF \text{ Corrective} &= (\text{Biaya Komponen} + (\text{Biaya Tenaga Teknisi} + \text{Biaya Kerugian Produksi}) \times T_f) \\
 &= (2.250.000 + (26.250 + 11.631.400) \times 4,433)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 54.228.362,45 \\
 \text{CM Preventive} &= (\text{Biaya Komponen} + (\text{Biaya Tenaga Teknisi} + \text{Biaya} \\
 &\quad \text{Kerugian Produksi}) \times T_p) \\
 &= (2.250.000 + (26.250 + 11.631.400) \times 3) \\
 &= 37.522.950
 \end{aligned}$$

## LAMPIRAN 6 PERHITUNGAN TOTAL COST

### 1. Perhitungan TC Komponen *Flat Belt* Dengan Jenis Kerusakan Karet *Flat Belt Longgar*

#### a. Perhitungan Probabilitas Rusak

Perhitungan probabilitas rusak pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan karet *flat belt longgar*, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P(TTF \leq TM) &= \int_0^{TM} f(t) dt \\
 &= \int_0^{TM} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right] dt \\
 &= \int_0^{180} \frac{5,418}{289,006} \left(\frac{t}{289,006}\right)^{5,418-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{289,006}\right)^{5,418}\right] dt \\
 &= 0,074
 \end{aligned}$$

## b. Probabilitas Masih Baik

Perhitungan probabilitas masih baik pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan karet *flat belt* longgar, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P(TTF > TM) &= \int_{TM}^{\infty} f(t) dt \\
 &= \int_{TM}^{\infty} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha}\right] dt \\
 &= 1 - P(TTF \leq TM) \\
 &= 1 - 0,074 \\
 &= 0,926
 \end{aligned}$$

## c. Perhitungan TC

Berikut ini merupakan contoh perhitungan TC untuk komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan karet *flat belt* longgar, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 TC &= (P(TTF \leq TM)CF) + (P(TTF > TM)CM) \times \frac{365}{TM} \\
 TC &= (0,074 \times 12.867.487,7) + (0,926 \times 8.111.167,5) \times \frac{365}{180} \\
 &= 16.182.711,67
 \end{aligned}$$

## 2. Perhitungan TC Komponen *Flat Belt* Dengan Jenis Kerusakan *Flat Belt* Putus

## a. Perhitungan Probabilitas Rusak

Perhitungan probabilitas rusak pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan *flat belt* putus, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P(TTF \leq TM) &= \int_0^{TM} f(t) dt \\
 &= \int_0^{TM} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha}\right] dt \\
 &= \int_0^{440} \frac{5,418}{289,006} \left(\frac{t}{289,006}\right)^{5,418-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{289,006}\right)^{5,418}\right] dt \\
 &= 0,013
 \end{aligned}$$

## b. Probabilitas Masih Baik

Perhitungan probabilitas masih baik pada komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan *flat belt* putus, sebagai berikut :

$$P(TTF > TM) = \int_{TM}^{\infty} f(t) dt$$

$$\begin{aligned}
 &= \int_{TM}^{\infty} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha}\right] dt \\
 &= 1 - P(TTF \leq TM) \\
 &= 1 - 0,013 \\
 &= 0,987
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan TC

Berikut ini merupakan contoh perhitungan TC untuk komponen *flat belt* dengan jenis kerusakan *flat belt* putus, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 TC &= (P(TTF \leq TM)CF) + (P(TTF > TM)CM) \times \frac{365}{TM} \\
 TC &= (0,013 \times 29.141.567,1) + (0,987 \times 19.652.240) \times \frac{365}{440} \\
 &= 16.469.335,19
 \end{aligned}$$

### 3. Perhitungan TC Komponen *Spike Lattice* Dengan Jenis Kerusakan Kayu Pada *Spike Lattice* Patah

a. Perhitungan Probabilitas Rusak

Perhitungan probabilitas rusak pada komponen *spike lattice* dengan jenis kerusakan kayu pada *spike lattice* patah, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P(TTF \leq TM) &= \int_0^{TM} f(t) dt \\
 &= \int_0^{TM} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha}\right] dt \\
 &= \int_0^{600} \frac{7,432}{878,578} \left(\frac{t}{878,578}\right)^{7,432-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{878,578}\right)^{7,432}\right] dt \\
 &= 0,057
 \end{aligned}$$

b. Probabilitas Masih Baik

Perhitungan probabilitas masih baik pada komponen *spike lattice* dengan jenis kerusakan kayu pada *spike lattice* patah, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P(TTF > TM) &= \int_{TM}^{\infty} f(t) dt \\
 &= \int_{TM}^{\infty} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha}\right] dt \\
 &= 1 - P(TTF \leq TM) \\
 &= 1 - 0,057
 \end{aligned}$$

$$= 0,943$$

c. Perhitungan TC

Berikut ini merupakan contoh perhitungan TC untuk komponen *spike lattice* dengan jenis kerusakan kayu pada *spike lattice* patah, sebagai berikut :

$$TC = (P(TTF \leq TM)CF) + (P(TTF > TM)CM) \times \frac{365}{TM}$$

$$TC = (0,057 \times 43.456.693,85) + (0,943 \times 29.362.595) \times \frac{365}{600}$$

$$= 19.321.128,86$$

#### 4. Perhitungan TC Komponen *Spike Lattice* Dengan Jenis Kerusakan Paku-Paku *Spike Lattice* Patah

a. Perhitungan Probabilitas Rusak

Perhitungan probabilitas rusak pada komponen *spike lattice* dengan jenis kerusakan paku-paku *spike lattice* patah, sebagai berikut :

$$P(TTF \leq TM) = \int_0^{TM} f(t) dt$$

$$= \int_0^{TM} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right] dt$$

$$= \int_0^{420} \frac{6,099}{685,023} \left(\frac{t}{685,023}\right)^{6,099-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{685,023}\right)^{6,099}\right] dt$$

$$= 0,049$$

b. Probabilitas Masih Baik

Perhitungan probabilitas masih baik pada komponen *spike lattice* dengan jenis kerusakan paku-paku *spike lattice* patah, sebagai berikut :

$$P(TTF > TM) = \int_{TM}^{\infty} f(t) dt$$

$$= \int_{TM}^{\infty} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right] dt$$

$$= 1 - P(TTF \leq TM)$$

$$= 1 - 0,049$$

$$= 0,951$$

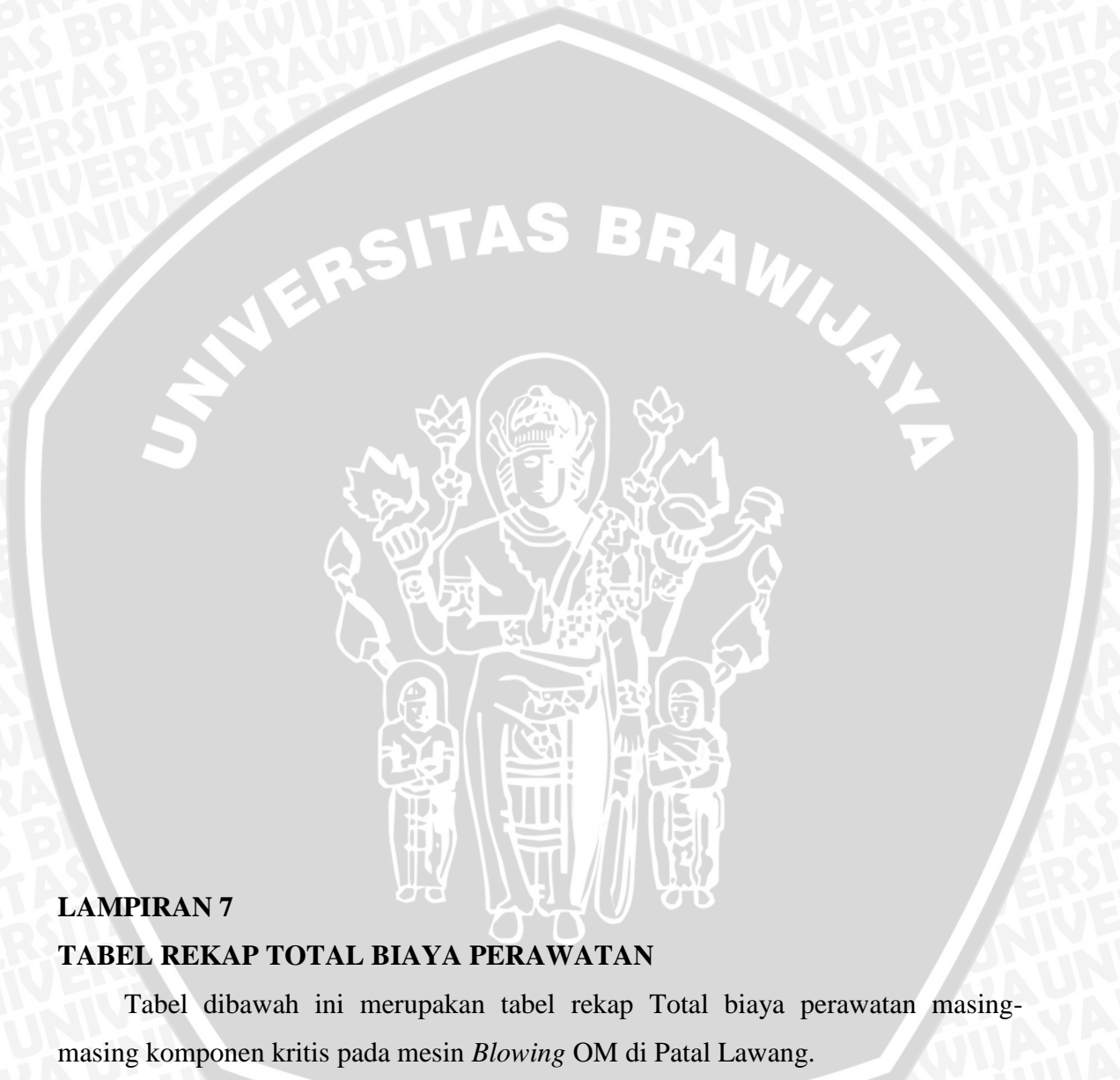
c. Perhitungan TC

Berikut ini merupakan contoh perhitungan TC untuk komponen *spike lattice* dengan jenis kerusakan paku-paku *spike lattice* patah, sebagai berikut :

$$TC = (P(TTF \leq TM)CF) + (P(TTF > TM)CM) \times \frac{365}{TM}$$

$$TC = (0,049 \times 54.228.362,45) + (0,951 \times 37.522.950) \times \frac{365}{420}$$

$$= 33.668.567,83$$



### LAMPIRAN 7

#### TABEL REKAP TOTAL BIAYA PERAWATAN

Tabel dibawah ini merupakan tabel rekap Total biaya perawatan masing-masing komponen kritis pada mesin *Blowing* OM di Patal Lawang.

Komponen	Jenis Kerusakan	TM	Probabilitas Rusak	Probabilitas Masih Baik	TC (Rp)
Flat Belt	Permukaan karet <i>flat belt</i> tidak rata	390	0,015	0,985	9.265.133,61
		420	0,024	0,976	8.717.309,54
		450	0,038	0,962	8.320.088,08
		480	0,057	0,943	8.062.933,90



	510	0,084	0,916	7.973.519,82
	540	0,12	0,88	8.061.363,42
	570	0,167	0,833	8.350.597,67
	600	0,226	0,774	8.855.126,37
	630	0,298	0,702	9.589.801,72
	660	0,381	0,619	10.529.725,14
	690	0,475	0,525	11.675.217,92
	720	0,574	0,426	12.942.886,42
	750	0,672	0,328	14.244.552,43
	780	0,764	0,236	15.502.496,83
	810	0,834	0,166	16.477.111,04
	840	0,905	0,095	17.491.173,34
	870	0,948	0,052	18.113.496,52
	900	0,975	0,025	18.509.559,57
	930	0,99	0,01	18.732.256,24
Karet flat belt longgar	180	0,074	0,926	13.774.830,54
	200	0,127	0,873	12.514.025,65
	220	0,204	0,796	11.643.362,11
	240	0,306	0,694	11.144.991,49
	260	0,431	0,569	11.000.673,81
	280	0,569	0,431	11.158.302,66
	300	0,706	0,294	11.527.117,02
	320	0,824	0,176	11.973.696,48
	340	0,91	0,09	12.369.198,81
	360	0,963	0,037	12.647.566,44
	380	0,988	0,012	12.791.789,04
	400	0,997	0,003	12.847.579,15
	420	0,999	0,001	12.860.554,79
Flat belt putus	440	0,013	0,987	16.469.335,19

		460	0,018	0,982	15.837.488,17
		480	0,025	0,975	15.298.832,74
		500	0,034	0,966	14.849.179,88
		520	0,045	0,955	14.484.985,05
		540	0,06	0,94	14.234.945,03
		560	0,078	0,922	14.082.985,68
		580	0,101	0,899	14.061.553,06
		600	0,129	0,871	14.172.165,29
		620	0,162	0,838	14.416.144,59
<b>Komponen</b>	<b>Jenis Kerusakan</b>	<b>TM</b>	<b>Probabilitas Rusak</b>	<b>Probabilitas Masih Baik</b>	<b>TC (Rp)</b>
		640	0,202	0,798	14.830.515,22
		660	0,249	0,751	15.418.331,67
		680	0,302	0,698	16.163.696,18
		700	0,362	0,638	17.086.986,05
		720	0,427	0,573	18.152.015,45
		740	0,497	0,503	19.359.106,15
		760	0,569	0,431	20.649.436,07
		780	0,642	0,358	22.001.140,18
		800	0,713	0,287	23.351.275,34
		820	0,779	0,221	24.634.509,97
Spike Lattice	Kayu spike patah pada lattice	600	0,057	0,943	19.321.128,86
		620	0,072	0,928	19.170.330,63
		640	0,091	0,909	19.176.541,30
		660	0,112	0,888	19.286.853,18
		680	0,138	0,862	19.582.837,38
		700	0,169	0,831	20.067.203,41
		720	0,204	0,796	20.713.788,26
		740	0,244	0,756	21.552.506,90
		760	0,289	0,711	22.585.344,84
		780	0,338	0,662	23.784.367,43
		800	0,393	0,607	25.210.267,85
		820	0,451	0,549	26.774.363,56
		840	0,511	0,489	28.445.397,66
		860	0,574	0,426	30.252.967,73

		880	0,637	0,363	32.102.819,69
		900	0,698	0,302	33.929.037,69
		920	0,755	0,245	35.663.880,01
		940	0,808	0,192	37.302.083,80
		960	0,855	0,145	38.774.239,22
		980	0,895	0,105	40.042.028,19
		1000	0,927	0,073	41.066.721,54
		420	0,049	0,951	33.668.567,83
		440	0,065	0,935	32.628.581,65
		460	0,084	0,916	31.827.841,37
		480	0,108	0,892	31.308.167,44
		500	0,13	0,87	30.880.512,66
		520	0,174	0,826	31.191.108,52
		540	0,213	0,787	31.511.113,43
		560	0,258	0,742	32.137.954,21
		580	0,308	0,692	33.042.933,41
		600	0,363	0,637	34.225.351,39
		620	0,423	0,577	35.684.598,74
		640	0,486	0,514	37.354.485,17
		660	0,551	0,449	39.197.174,17
		680	0,616	0,384	41.138.813,43
		700	0,68	0,32	43.136.258,69
		720	0,742	0,258	45.145.134,11
		740	0,798	0,202	47.012.837,43
	Paku-paku <i>spike lattice</i> patah				
<b>Komponen</b>	<b>Jenis Kerusakan</b>	<b>TM</b>	<b>Probabilitas Rusak</b>	<b>Probabilitas Masih Baik</b>	<b>TC (Rp)</b>
		760	0,848	0,152	48.724.826,71
		780	0,89	0,11	50.194.712,38
		800	0,924	0,076	51.408.115,20



## LAMPIRAN 8

### PERHITUNGAN TOTAL COST PERUSAHAAN

Di bawah ini merupakan contoh perhitungan TC komponen kritis mesin *Blowing OM* di perusahaan Patal Lawang.

#### 1. Perhitungan TC Komponen *Flat Belt* Dengan Jenis Kerusakan Permukaan Karet *Flat Belt* Tidak Rata

$$\begin{aligned}
 TC &= (P(TTF \leq TM)CF) \times \frac{365}{TM} \\
 &= (1 \times 18.882.845,1) \times \frac{365}{687,514} \\
 &= 10.024.869,98
 \end{aligned}$$

**2. Perhitungan TC Komponen *Flat Belt* Dengan Jenis Kerusakan *Karet Flat Belt Longgar***

$$\begin{aligned}
 TC &= (P(TTF \leq TM)CF) \times \frac{365}{TM} \\
 &= (1 \times 12.867.487,70) \times \frac{365}{266,579} \\
 &= 17.618.165,76
 \end{aligned}$$

**3. Perhitungan TC Komponen *Flat Belt* Dengan Jenis Kerusakan *Flat Belt Putus***

$$\begin{aligned}
 TC &= (P(TTF \leq TM)CF) \times \frac{365}{TM} \\
 &= (1 \times 29.141.567,10) \times \frac{365}{729,781} \\
 &= 14.575.156,1
 \end{aligned}$$

**4. Perhitungan TC Komponen *Spike Lattice* Dengan Jenis Kerusakan *Kayu Pada Spike Lattice Patah***

$$\begin{aligned}
 TC &= (P(TTF \leq TM)CF) \times \frac{365}{TM} \\
 &= (1 \times 43.456.693,85) \times \frac{365}{824,106} \\
 &= 19.247.151,77
 \end{aligned}$$

**5. Perhitungan TC Komponen *Spike Lattice* Dengan Jenis Kerusakan *Paku-Paku Spike Lattice Patah***

$$\begin{aligned}
 TC &= (P(TTF \leq TM)CF) \times \frac{365}{TM} \\
 &= (1 \times 454.228.362,45) \times \frac{365}{635,701} \\
 &= 31.136.261,06
 \end{aligned}$$

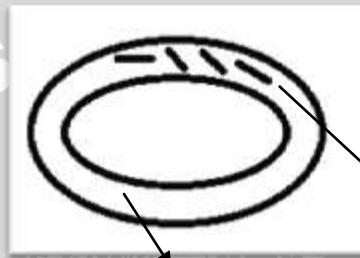


## LAMPIRAN 9

### GAMBAR KERUSAKAN PADA KOMPONEN KRITIS

Berikut ini merupakan tampilan gambar kerusakan pada komponen-komponen kritis pada mesin *Blowing* OM, sebagai berikut.

1. TC Komponen *Flat Belt* Dengan Jenis Kerusakan Permukaan Karet *Flat Belt* Tidak Rata



*Flat Belt*

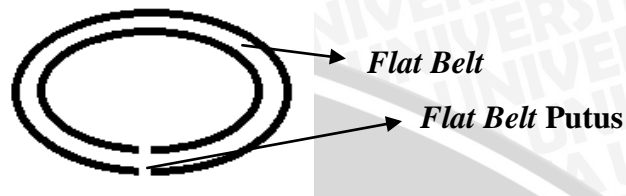
retak pada *flat belt*

2. Komponen *Flat Belt* Dengan Jenis Kerusakan Karet *Flat Belt* Longgar

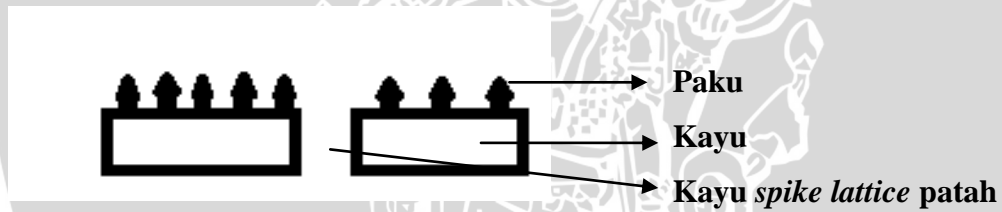


3. Komponen *Flat Belt* Dengan Jenis Kerusakan *Flat Belt* Putus

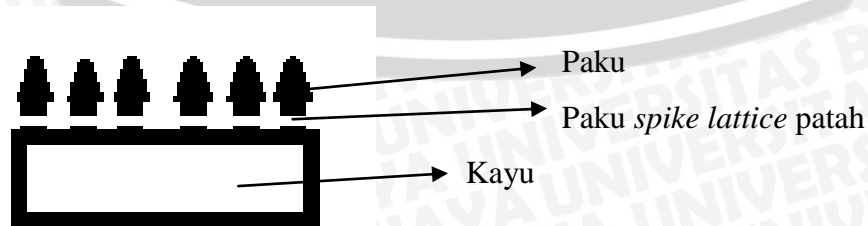




4. **Komponen *Spike Lattice* Dengan Jenis Kerusakan Kayu Pada *Spike Lattice* Patah**



5. **Komponen *Spike Lattice* Dengan Jenis Kerusakan Paku-Paku *Spike Lattice* Patah**



LAMPIRAN 10  
DATA PERHITUNGAN PARAMETER TTF



Tabel di bawah ini merupakan data perhitungan parameter TTF.

i	$t_i$	$x_i$	$F_{(t_i)}$	$y_i$	$x_i y_i$	$x_i^2$	$y_i^2$
1	409,33	6,014522	0,019231	-3,94155	-23,7065	36,17447	15,53582
2	482	6,177944	0,046703	-3,04012	-18,7817	38,16699	9,242337
3	489,66	6,193711	0,074176	-2,56303	-15,8747	38,36206	6,569118
4	498,75	6,212105	0,101648	-2,23312	-13,8724	38,59025	4,986815
5	523,91	6,26132	0,129121	-1,97868	-12,3891	39,20413	3,915161
6	551,4	6,31246	0,156593	-1,77016	-11,1741	39,84716	3,133458
7	623,33	6,435076	0,184066	-1,59247	-10,2477	41,4102	2,535973
8	625,83	6,439079	0,211538	-1,43687	-9,25209	41,46174	2,064582
9	627,75	6,442142	0,239011	-1,29778	-8,36051	41,50119	1,684244
10	650,16	6,477218	0,266484	-1,17149	-7,58799	41,95436	1,372386
11	651	6,47851	0,293956	-1,05533	-6,83696	41,97109	1,11372
12	651,66	6,479523	0,321429	-0,94735	-6,1384	41,98422	0,89748
13	653,33	6,482082	0,348901	-0,84608	-5,48436	42,01739	0,715851
14	655,96	6,4861	0,376374	-0,75034	-4,86681	42,06949	0,563017
15	659,08	6,490845	0,403846	-0,65922	-4,27887	42,13107	0,434566
16	668,33	6,504782	0,431319	-0,57193	-3,72028	42,31219	0,327104
17	672,41	6,510868	0,458791	-0,48784	-3,17627	42,39141	0,237989
18	679,33	6,521107	0,486264	-0,4064	-2,65016	42,52484	0,165159
19	685,25	6,529784	0,513736	-0,32711	-2,13596	42,63808	0,107001
20	687,58	6,533178	0,541209	-0,24954	-1,63028	42,68242	0,06227
21	717,75	6,576121	0,568681	-0,17327	-1,13946	43,24537	0,030024
22	721,58	6,581443	0,596154	-0,09792	-0,64446	43,3154	0,009588
23	728,16	6,590521	0,623626	-0,02309	-0,15219	43,43496	0,000533
24	741,1	6,608136	0,651099	0,051612	0,341057	43,66746	0,002664
25	745,75	6,61439	0,678571	0,126615	0,837481	43,75016	0,016031
26	746,41	6,615275	0,706044	0,20239	1,338864	43,76186	0,040962
27	748,33	6,617844	0,733516	0,279481	1,84956	43,79586	0,078109
28	763,58	6,638018	0,760989	0,358545	2,38003	44,06328	0,128555
29	791,33	6,673715	0,788462	0,440413	2,93919	44,53847	0,193964
30	818,41	6,707363	0,815934	0,526184	3,529306	44,98872	0,276869
31	821,33	6,710925	0,843407	0,617401	4,14333	45,03651	0,381184
32	846,95	6,741642	0,870879	0,716378	4,829566	45,44973	0,513198
33	847,15	6,741878	0,898352	0,826907	5,574904	45,45292	0,683775
34	858,8	6,755536	0,925824	0,956018	6,458413	45,63727	0,91397
35	866,58	6,764554	0,953297	1,119702	7,574284	45,7592	1,253732
36	869,16	6,767527	0,980769	1,37403	9,298788	45,79942	1,88796
Jumlah	24778,42	234,6872	18	-20,025	-123,006	1531,091	62,07517
Rata-rata	688,2894	6,51909	0,5	-0,55625	-3,41684	42,53031	1,72431

Rumus Perhitungan, sebagai berikut.

$$\bar{x} = \ln(t_i)$$

$$\begin{aligned}\bar{x} &= \ln(409,33) \\ &= 6,014522\end{aligned}$$

$$f_{ti} = \frac{(n - 0,3)}{(n_i + 0,4)}$$

$$\begin{aligned}f_{ti} &= \frac{(1 - 0,3)}{(36 + 0,4)} \\ &= 0,019231\end{aligned}$$

$$\bar{y} = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1 - f_{ti}}\right)\right)$$

$$\begin{aligned}\bar{y} &= \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1 - 0,019231}\right)\right) \\ &= -3,94155\end{aligned}$$



## LAMPIRAN 11

### DATA PERHITUNGAN PARAMETER TTR

Tabel di bawah ini merupakan data perhitungan parameter TTR.

i	$t_i$	$\bar{x}$	$F_{(t_i)}$	$\bar{y}$	$x_i y_i$	$x_i^2$	$y_i^2$
1	1.16	0.14842	0.018717	-3.96891	-0.58907	0.022028	15.75227
2	1.16	0.14842	0.045455	-3.06787	-0.45533	0.022028	9.411842

3	1.16	0.14842	0.072193	-2.59119	-0.38458	0.022028	6.714252
4	1.16	0.14842	0.09893	-2.2617	-0.33568	0.022028	5.115303
5	1.16	0.14842	0.125668	-2.00771	-0.29798	0.022028	4.030906
6	1.25	0.223144	0.152406	-1.79967	-0.40158	0.049793	3.2388
7	1.3	0.262364	0.179144	-1.62248	-0.42568	0.068835	2.632449
8	1.33	0.285179	0.205882	-1.4674	-0.41847	0.081327	2.153268
9	1.33	0.285179	0.23262	-1.32888	-0.37897	0.081327	1.765923
10	1.33	0.285179	0.259358	-1.20318	-0.34312	0.081327	1.447639
11	1.33	0.285179	0.286096	-1.08765	-0.31018	0.081327	1.182985
12	1.33	0.285179	0.312834	-0.98035	-0.27958	0.081327	0.961086
13	1.41	0.34359	0.339572	-0.8798	-0.30229	0.118054	0.774041
14	1.41	0.34359	0.36631	-0.78483	-0.26966	0.118054	0.615964
15	1.41	0.34359	0.393048	-0.69454	-0.23864	0.118054	0.482381
16	1.41	0.34359	0.419786	-0.60815	-0.20895	0.118054	0.369843
17	1.45	0.371564	0.446524	-0.52503	-0.19508	0.138059	0.275658
18	1.5	0.405465	0.473262	-0.44464	-0.18029	0.164402	0.197709
19	1.55	0.438255	0.5	-0.36651	-0.16063	0.192067	0.134332
20	1.56	0.444686	0.526738	-0.29021	-0.12905	0.197745	0.084222
21	1.58	0.457425	0.553476	-0.21535	-0.0985	0.209237	0.046374
22	1.58	0.457425	0.580214	-0.14155	-0.06475	0.209237	0.020037
23	1.58	0.457425	0.606952	-0.06847	-0.03132	0.209237	0.004688
24	1.6	0.470004	0.63369	0.004266	0.002005	0.220903	1.82E-05
25	1.6	0.470004	0.660428	0.077025	0.036202	0.220903	0.005933
26	1.63	0.48858	0.687166	0.150213	0.073391	0.23871	0.022564
27	1.67	0.512824	0.713904	0.224284	0.115018	0.262988	0.050304
28	1.67	0.512824	0.740642	0.299767	0.153728	0.262988	0.08986
29	1.67	0.512824	0.76738	0.377304	0.19349	0.262988	0.142358
30	1.67	0.512824	0.794118	0.45771	0.234724	0.262988	0.209498
31	1.75	0.559616	0.820856	0.54207	0.303351	0.31317	0.29384
32	1.75	0.559616	0.847594	0.631912	0.353628	0.31317	0.399313
33	1.75	0.559616	0.874332	0.729531	0.408257	0.31317	0.532216
34	1.83	0.604316	0.90107	0.838691	0.506835	0.365198	0.703403
35	1.83	0.604316	0.927807	0.966382	0.584	0.365198	0.933895
36	1.91	0.647103	0.954545	1.128508	0.730261	0.418743	1.273531
37	1.95	0.667829	0.981283	1.380866	0.922183	0.445996	1.906791
Jumlah	55.72	14.7424	18.5	-20.5975	-1.88231	6.694721	63.9755
Rata-rata	1.505946	0.398443	0.5	-0.55669	-0.05087	0.180938	1.729068