

## BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

### 4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan observasi dan wawancara langsung ke perusahaan bagian divisi produksi. Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri dari gambaran umum perusahaan, data waktu kerja, data kerusakan mesin *press* 10 ton, data jumlah produksi, data produk cacat dan data interval kerusakan mesin *press* 10 ton, sebagaimana telah ditunjukkan pada Tabel 3.1

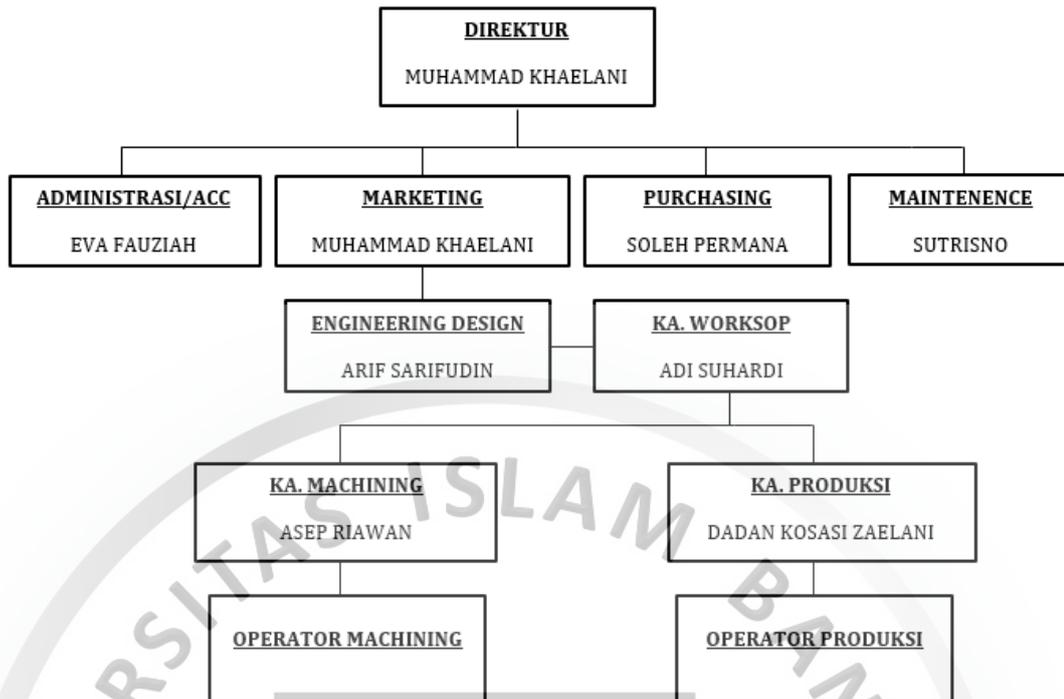
#### 4.1.1 Gambaran Umum Perusahaan

CV. GMI merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi berbagai macam benda yang berbahan baku logam yang berdiri sejak tahun 2009, salah satu produknya yaitu saringan oli motor (filter oli Gl). CV. GMI diawasi langsung oleh balai UPTD industri logam yang berlokasi pada Jl. Soekarno Hatta km 12,5 Komp. LIK Blok B-01 Bandung. CV. GMI memiliki 2 divisi yaitu divisi *sparepart* dan produksi. Proses produksi saringan oli motor (filter oli Gl) dilakukan pada divisi produksi, dengan pengerjaannya menggunakan mesin *press* 6 ton, *press* 10 ton, *press* 12 ton, *press* 16 ton, alat *press* manual dan *Spot Welding*. Tahapan produksi saringan oli motor (filter oli Gl) dimulai dari tahap produksi bagian atas dan bagian bawah filter oli Gl, kemudian tahap merakit komponen dan terakhir tahap *finishing*.

CV. GMI memiliki Visi dan Misi sebagai penunjang dan upaya untuk mencapai tujuan perusahaan, yaitu:

- Visi  
Meningkatkan perekonomian bangsa dengan jalan memanfaatkan sumber daya manusia dari anak-anak bangsa.
- Misi  
Memenuhi kebutuhan suku cadang / *spare part* yang mungkin selama ini masih tergantung dari produk import sehingga dapat lebih meminimasi biaya yang dikeluarkan perusahaan.

Selain itu juga, terdapat gambaran umum mengenai struktur organisasi di CV. GMI yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Struktur organisasi CV. GMI

Berdasarkan struktur organisasi maka dapat dijelaskan mengenai tugas dan tanggung jawab di CV. GMI adalah sebagai berikut.

#### 1. **DIREKTUR**

- Mengkoordinasikan dan mengendalikan kegiatan-kegiatan di bidang administrasi keuangan, kepegawaian dan kesekretariatan.
- Mengkoordinasikan dan mengendalikan kegiatan pengadaan dan peralatan perlengkapan.
- Menentukan dan menetapkan prosedur kegiatan perusahaan pada masing-masing staf untuk mencapai sasaran yang diinginkan perusahaan.
- Menetapkan tujuan dan misi dari tiap-tiap staf yang di bawahinya.

#### 2. **ADMINISTRASI/ACCOUNTING**

- Membuat perencanaan keuangan, mulai dari perencanaan peminjaman, penerimaan, pengeluaran, dan pembayaran. Serta Menyusun laporan keuangan harian, mingguan, bulanan dan tahunan.
- Mengelola uang kas, mulai dari membuka rekening, menentukan setoran, mengatur kas, dan membuat catatan transaksi kas.
- Melakukan pembayaran gaji karyawan.

### 3. **MARKETING**

- Memimpin seluruh jajaran Departemen Marketing sehingga tercipta tingkat efisiensi, efektivitas, dan produktivitas setinggi mungkin.
- Menciptakan, menumbuhkan, dan memelihara kerja sama yang baik dengan konsumen.
- Merumuskan target penjualan.
- Merumuskan standard harga jual dengan koordinasi bersama Direktur Operasional serta Departemen terkait.
- Menanggapi permasalahan terkait keluhan pelanggan jika tidak mampu ditangani oleh bawahan.
- Mengesahkan Prosedur dan Instruksi Kerja di Departemen Marketing.
- Melakukan pengendalian terhadap rencana-rencana yang sudah disusun untuk menjamin bahwa sasaran yang ditetapkan dapat terwujud, misalnya: volume penjualan dan tingkat keuntungan.
- Melakukan langkah antisipatif dalam menghadapi penurunan order.
- Memberikan persetujuan kredit pelanggan dalam batas – batas yang wajar.
- Melakukan demarketing jika terjadi overload produksi.
- Melakukan analisa pelanggan yang mengalami kecenderungan kredit macet.
- Melakukan analisa perilaku pasar / konsumen sebagai dasar dalam menentukan kebijakan pemasaran.
- Melakukan analisa Peraturan Pemerintah berkenaan dengan tata niaga kertas sebagai dasar dalam menentukan kebijakan pemasaran.
- Melakukan penilaian karya kepada Kepala Bagian Marketing.

### 4. **PURCHASING**

- Membuat laporan pembelian & pengeluaran barang (*inventory*, material dll)
- Melakukan pengelolaan pengadaan barang melalui perencanaan secara sistematis dan terkontrol (FIFO atau ERP/ MRP)
- Melakukan pemilihan / seleksi rekanan pengadaan sesuai kriteria perusahaan

### 5. **MAINTENENCE**

- Membantu dan melaksanakan tugas yang diberikan oleh Koordinator Operasional
- Bertanggung jawab untuk menjaga kelayakan jalan unit-unit kendaraan Perusahaan

- Menyusun jadwal perawatan unit-unit kendaraan Perusahaan
- Membuat database riwayat pemakaian dan perawatan kendaraan
- Membuat job order perawatan kendaraan untuk mekanik
- Mengkoordinir mekanik dalam pelaksanaan perawatan unit kendaraan Perusahaan

#### 6. **ENGINEERING/DESIGN**

- Memberikan petunjuk kepada tim, dalam melaksanakan pekerjaan pengawasan teknis setelah kontrak fisik ditandatangani dan menyiapkan rekomendasi secara terinci atas usulan desain.
- Menjamin bahwa semua isi dari kerangka acuan pekerjaan ini akan dipenuhi dengan baik.
- Bekerjasama dengan pihak pemberi tugas sehubungan dengan pekerjaan
- Menjamin semua pelaksanaan detail teknis untuk pekerjaan major tidak akan terlambat selama masa mobilisasi untuk masing-masing paket kontrak dalam menentukan lokasi.
- Membantu tim di lapangan dalam mengendalikan kegiatan-kegiatan kontraktor, termasuk pengendalian pemenuhan waktu pelaksanaan pekerjaan.
- Mengendalikan semua personil yang terlibat dalam pekerjaan penyelidikan bahan/material.

#### 7. **KETUA ANGGOTA WORKSHOP**

- Menerapkan Keselamatan dan kesehatan kerja dan lingkungan hidup (K3-LH) yang antara lain adalah mengidentifikasi potensi bahaya dan risiko kecelakaan kerja dengan cermat, menentukan dampak dari kecelakaan kerja dan menghadarnya, menerapkan semua prosedur K3-LH dan mengikuti sosialisasi dan penjelasan K3-LH yang diberikan.
- Menerapkan komunikasi di tempat kerja yang antara lain adalah menerima dan menyalurkan informasi, menyampaikan dan menerima informasi dengan baik, menerapkan sistem pelaporan sesuai prosedur.
- Menerapkan Kerja sama ditempat kerja yang antara lain adalah mengidentifikasi tujuan dan peran kelompok serta memberikan kontribusi efektif dan tepat dalam pertemuan kelompok.
- Mengidentifikasi komponen utama engine yang antara lain adalah melakukan identifikasi spesifikasi teknik engine dan mengidentifikasi struktur dan fungsi

sistem mekanis, sistem bahan bakar, sistem pelumasan, sistem pendingin dan sistem udara masuk dan gas buang engine.

- Membuat Laporan Pekerjaan yang antara lain adalah mengkompilasi data dari semua proses pekerjaan, menyusun data kedalam form laporan dan menyampaikan laporan pekerjaan kepada atasan.

#### **8. KETUA ANGGOTA MACHINING**

- Membuat perencanaan dan jadwal proses produksi.
- Mengawasi proses produksi agar kualitas, kuantitas dan waktunya sesuai dengan perencanaan yang sudah dibuat.
- Bertanggung jawab mengatur manajemen gudang agar tidak terjadi kelebihan atau kekurangan persediaan bahan baku, bahan penolong maupun produk yang sudah jadi di gudang.
- Bertanggung jawab mengatur manajemen alat agar fasilitas produksi berfungsi sebagaimana mestinya dan beroperasi dengan lancar.
- Membuat laporan secara berkala mengenai kegiatan di bagiannya.
- Bertanggung jawab pada peningkatan ketrampilan dan keahlian karyawan yang berada di bawah tanggung jawabnya.
- Memberikan penilaian dan sanksi jika karyawan di bawah tanggung jawabnya melakukan kesalahan dan pelanggaran.
- Berinovasi dalam pengerjaan produksi dan memberikan masukan pada perusahaan yang berkaitan dengan bagian produksi.

#### **9. KETUA ANGGOTA PRODUKSI**

- Membuat schedule kegiatan atau jadwal kegiatan pekerjaan.
- Memonitor atau memantau progress pekerjaan yang dilakukan tenaga ahli.
- Bertanggung jawab dalam melaksanakan supervisi langsung dan tidak langsung kepada semua karyawan yang berada di bawah tanggung jawabnya, antara lain memberikan pelatihan kepada karyawan agar dapat mencapai tingkat batas minimum kemampuan yang diperlukan bagi teamnya dan dapat menerapkan sikap disiplin kepada karyawan sesuai dengan peraturan yang berlaku di perusahaan.
- Bertanggung jawab dalam melaksanakan koordinasi dalam membina kerja sama team yang solid.

- Bertanggung jawab dalam mencapai suatu target pekerjaan yang telah ditetapkan dan sesuai dengan aturan.
- Mengkoordinir seluruh aktifitas Tim dalam mengelola seluruh kegiatan baik dilapangan maupun dikantor.
- Bertanggung jawab terhadap Pemberi Pekerjaan yang berkaitan terhadap kegiatan tim pelaksana pekerjaan.
- Membimbing dan Mengarahkan anggota team dalam mempersiapkan semua laporan yang diperlukan.
- Melakukan pengecekan hasil pekerjaan yang telah dilaksanakan.
- Melaksanakan presentasi dengan direksi pekerjaan dan instansi terkait.

#### 10. OPERATOR MACHINING

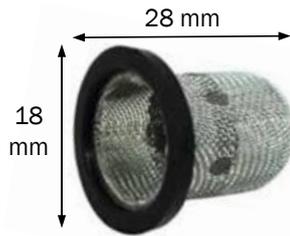
- Melaksanakan kebijakan dan rencana produksi.
- Melaksanakan proses produksi dan prosedur kualitas sesuai dengan ketentuan suatu perusahaan mengoperasikan mesin dan mengontrol.
  - proses produksi: mengatur dan mengontrol bahan baku proses produksi sehingga menjadi bahan jadi dengan ketentuan target yang telah ditentukan oleh perusahaan.
  - Memahami kerja dengan standar keamanan, kesehatan dan keselamatan dalam bekerja.

#### 11. OPERATOR PRODUKSI

- Melaksanakan proses produksi dengan prosedur berdasarkan target kualitas perusahaan, mengoperasikan mesin, mengolah dan mengontrol proses produksi.
- Melaksanakan, mengatur serta mengontrol dari bahan dasar "baku" menjadi bahan jadi proses produksi dengan target berdasarkan prosedur perusahaan.
- Mengutamakan disiplin kerja, keselamatan kerja, keamanan berstandarkan prosedur perusahaan dan kesehatan yang menjadikan hal yang diutamakan dalam cacatan perusahaan

#### 4.1.2 Jenis Produk

CV GMI merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang manufaktur yang memproduksi produk filter oli GI dengan bahan baku dari Logam Stainless. Adapun produk tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Produk filter oli GI

#### 4.1.2 Data Waktu Kerja

CV. GMI melakukan kegiatan produksi dimulai dari hari Senin s/d Sabtu, dengan jam kerja mulai pukul 08.00-16.00 untuk senin s/d jum'at atau setara dengan 7 jam kerja, sedangkan untuk hari sabtu jam kerja mulai pukul 08.00-13.00. Selain itu terdapat jumlah hari kerja setiap bulan yang berbeda-beda, dikarenakan hari libur yang tidak sama. Data waktu kerja digunakan untuk menentukan waktu rencana (*loading time*) mesin akan beroperasi. Adapun data data jumlah hari kerja tahun 2018 dan 2019 dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data hari kerja CV.GMI

Tahun	Bulan	Jumlah Hari
2018	Januari	26
	Februari	23
	Maret	26
	April	24
	Mei	24
	Juni	23
	Juli	26
	Agustus	25
	September	23
	Oktober	27
	November	24
	Desember	24
2019	Januari	26
	Februari	23
	Maret	25
	April	23
	Mei	25
	Juni	19
	Juli	27
	Agustus	27
	September	25
	Oktober	27
	November	26
	Desember	26

#### 4.1.3 Data Waktu Siklus Mesin Press 10 Ton

Kebutuhan data waktu siklus yaitu untuk menentukan *Defect Loss* pada mesin *press* 10 ton. Berdasarkan observasi yang dilakukan langsung pada lini produksi setelah seminar tugas akhir dan dilakukan satu kali selama 1 jam, didapatkan informasi bahwa mesin *press* 10 ton mampu menghasilkan 3600 unit per jam produk filter oli Gl, maka waktu siklus mesin *press* 10 ton 0,01667 menit/unit atau 0,00027 jam/unit.

#### 4.1.4 Data Kerusakan Mesin Press 10 Ton

Data kerusakan mesin *press* 10 ton berisikan informasi mengenai jenis komponen yang rusak, tanggal saat mesin mengalami kerusakan, serta terdapat waktu mesin berhenti karena kerusakan (*downtime*). Dalam penanganan kerusakan tersebut perusahaan membagi dua kegiatan perbaikan, yaitu diperbaiki sendiri dan diperbaiki perusahaan lain (perusahaan perbaikan). Adapun yang melakukan pencatatan kerusakan mesin tersebut adalah supervisor. Data kerusakan mesin *press* 10 ton dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data kerusakan mesin *press* 10 ton

Tahun	Bulan	Tanggal	Kerusakan	Downtime (Jam)
2018	Januari	3-Jan-18	Komponen as roda rusak	5,25
		11-Jan-18	Kebocoran oli pada pipa	5,50
		18-Jan-18	Komponen dites tumpul	3,00
		24-Jan-18	Motor DC rusak	10,00
	Februari	9-Feb-18	Komponen as roda rusak	5,25
		20-Feb-18	Komponen dies tumpul	2,83
	Maret	1-Mar-18	Ganti <i>van belt</i>	0,80
		15-Mar-18	Ganti baut rusak	0,50
		26-Mar-18	Komponen dies tumpul	2,50
	April	12-Apr-18	Error pada sistem kelistrikan	1,00
		20-Apr-18	Mesin bergetar kencang (kurang oli mesin)	1,00
		30-Apr-18	Komponen as roda rusak	5,25
	Mei	8-May-18	Motor DC rusak	18,00
		19-May-18	Komponen dies tumpul	2,50
		28-May-18	<i>per</i> yang longgar	3,50
Juni	6-Jun-18	Terdapat banyak gram pada mesin	1,20	
	29-Jun-18	Komponen dies tumpul	2,67	

Tabel 4.2 Data kerusakan mesin *press* 10 ton (Lanjutan)

Tahun	Bulan	Tanggal	Kerusakan	Downtime (Jam)
2018	Juli	5-Jul-18	Ganti <i>van belt</i>	1,20
		16-Jul-18	<i>per</i> yang longgar	3,50
		25-Jul-18	Komponen dies tumpul	2,50
	Agustus	6-Aug-18	Motor DC rusak	14,00
		16-Aug-18	Komponen as roda rusak	5,15
		24-Aug-18	Mesin bergetar kencang (kurang oli mesin)	1,00
	September	12-Sep-18	Komponen dies tumpul	2,50
		24-Sep-18	Kebocoran oli pada pipa	5,50
	Oktober	2-Oct-18	Ganti baut rusak	0,50
		23-Oct-18	<i>per</i> yang longgar	3,50
	November	5-Nov-18	Ganti <i>van belt</i>	1,20
		14-Nov-18	Komponen dies tumpul	3,00
		16-Nov-18	Ganti baut rusak	0,50
		26-Nov-18	Komponen as roda rusak	5,00
	Desember	15-Dec-18	Komponen dies tumpul	3,00
18-Dec-18		Motor DC rusak	8,00	
22-Dec-18		Ganti <i>van belt</i>	1,20	
2019	Januari	4-Jan-19	Komponen as roda rusak	5,25
		28-Jan-19	Komponen dies tumpul	3,00
	Februari	6-Feb-19	Ganti baut rusak	0,50
		12-Feb-19	<i>per</i> yang longgar	3,50
		20-Feb-19	Kebocoran oli pada pipa	5,67
	Maret	9-Mar-19	Motor DC rusak	19,00
		13-Mar-19	Komponen dies tumpul	2,90
		25-Mar-19	Komponen as roda rusak	5,25
	April	13-Apr-19	Terdapat banyak gram pada mesin	1,10
		22-Apr-19	<i>per</i> yang longgar	3,50
		30-Apr-19	Komponen dies tumpul	3,00
	Mei	10-May-19	Mesin bergetar kencang (kurang oli mesin)	1,00
		18-May-19	Ganti baut rusak	0,55
		26-May-19	Ganti <i>van belt</i>	0,80
	Juni	2-Jun-19	Komponen as roda rusak	5,25
11-Jun-19		Komponen dies tumpul	2,75	
25-Jun-19		Motor DC rusak	8,00	
Juli	5-Jul-19	Mesin bergetar kencang (kurang oli mesin)	1,00	
	19-Jul-19	Komponen dies tumpul	3,00	
	25-Jul-19	Kebocoran oli pada pipa	5,25	

Tabel 4.2 Data kerusakan mesin *press* 10 ton (Lanjutan)

Tahun	Bulan	Tanggal	Kerusakan	Downtime (Jam)
2019	Agustus	7-Aug-19	Ganti baut rusak	0,55
		23-Aug-19	Komponen dies tumpul	3,00
		30-Aug-19	Ganti van belt	0,83
	September	5-Sep-19	Motor DC rusak	8,00
		25-Sep-19	Komponen dies tumpul	2,75
		30-Sep-19	Komponen as roda rusak	5,25
	Oktober	18-Oct-19	Ganti baut rusak	0,55
		24-Oct-19	Mesin bergetar kencang (kurang oli mesin)	1,00
		29-Oct-19	Komponen dies tumpul	2,75
		30-Oct-19	<i>per</i> yang longgar	3,50
	November	22-Nov-19	Komponen as roda rusak	5,25
		30-Nov-19	Komponen dies tumpul	2,75
	Desember	6-Dec-19	Motor DC rusak	9,00
		11-Dec-19	Terdapat banyak gram pada mesin	1,35
30-Dec-19		Komponen dies tumpul	3,20	
Jumlah				262,00

#### 4.1.5 Data Jumlah produksi dan produk cacat

Data jumlah produksi merupakan data hasil produksi perusahaan CV.GMI di tahun 2018 dan tahun 2019. Sedangkan jumlah produk cacat merupakan data jumlah produk cacat akibat proses produksi, kecatatannya seperti penyok, berlubang, dll. Produk filter oli GI yang mengalami kecacatan akan dipisahkan sebelum dikirim ke proses berikutnya. Produk cacat tersebut tidak dapat di reproduksi dengan kata lain dibuang. Data produk cacat menjadi salah satu hal yang penting bagi perusahaan dalam melakukan tindakan perbaikan. Pengumpulan data ini dilakukan untuk menentukan nilai *Overall Equipment Effectiveness* yaitu parameter *Quality Rate*. Data produksi dan produk cacat didapatkan melalui dapat ditampilkan pada Tabel 4.3

#### 4.1.6 Komponen kritis mesin *press* 10 ton

Komponen kritis merupakan komponen dari mesin *press* 10 ton yang paling sering mengalami kerusakan. Pengumpulan data ini dilakukan untuk menentukan keandalan komponen pada mesin *press* 10 ton. Pada Tabel 4.4 memberikan informasi mengenai komponen yang rusak, *Downtime* dan interval kerusakan. Komponen yang rusak dan *Downtime* didapat berdasarkan Tabel 4.2. Interval kerusakan merupakan jangka waktu (hari) kerusakan dari kerusakan pertama hingga kerusakan berikutnya.

Sebagai contoh komponen *dies* terjadi kerusakan pertama pada tanggal 18 Januari 2018 kerusakan selanjutnya terjadi pada tanggal 20 Februari 2018 maka interval kerusakan komponen *dies* yaitu 33 hari. Hal ini dikarenakan 33 hari merupakan jangka waktu kerusakan pertama hingga kerusakan berikutnya. Adapun Tabel 4.3 menunjukkan data komponen kritis pada mesin *press* 10 ton.

Tabel 4.3 Data produksi filter oli GI dan produk cacat filter oli GI

Tahun	Bulan	Jumlah Produksi (Unit)	Jumlah Produk Cacat (Unit)	Cacat (%)
2018	Januari	143.100	12.667	8,85
	Februari	124.950	10.408	8,33
	Maret	139.550	13.725	9,84
	April	134.550	12.149	9,03
	Mei	131.000	11.610	8,86
	Juni	121.400	12.647	10,42
	Juli	143.100	14.449	10,10
	Agustus	137.050	13.136	9,58
	September	124.950	15.368	12,30
	Oktober	149.150	16.125	10,81
	November	131.000	10.399	7,94
	Desember	131.000	12.836	9,80
2019	Januari	143.100	13.667	9,55
	Februari	124.950	12.488	9,99
	Maret	133.500	11.425	8,56
	April	124.950	10.149	8,12
	Mei	137.050	15.430	11,26
	Juni	100.750	11.013	10,93
	Juli	149.150	14.457	9,69
	Agustus	145.600	13.103	9,00
	September	137.050	15.361	11,21
	Oktober	149.150	16.089	10,79
	November	139.550	12.614	9,04
	Desember	143.100	12.867	8,99
Jumlah		3.238.700	314.182	9,71

Tabel 4.4 Komponen kritis mesin *press* 10 ton

Tahun	Tanggal	Komponen	Downtime (Jam)	Interval kerusakan (hari)
2018	3-Jan-18	As roda	5,25	-
	11-Jan-18	Pipa oli	5,50	-
	18-Jan-18	<i>Dies</i>	3,00	-
	24-Jan-18	Motor DC	10,00	-

Tabel 4.4 Komponen kritis mesin *press* 10 ton (Lanjutan)

Tahun	Tanggal	Komponen	Downtime (Jam)	Interval kerusakan (hari)
2018	9-Feb-18	As roda	5,25	37
	20-Feb-18	<i>Dies</i>	2,83	33
	26-Mar-18	<i>Dies</i>	2,50	34
	30-Apr-18	As roda	5,25	87
	8-May-18	Motor DC	18,00	119
	19-May-18	<i>Dies</i>	2,50	68
	28-May-18	<i>per</i>	3,50	-
	29-Jun-18	<i>Dies</i>	2,67	48
	16-Jul-18	<i>per</i>	3,50	49
	25-Jul-18	<i>Dies</i>	2,50	26
	6-Aug-18	Motor DC	14,00	93
	16-Aug-18	As roda	5,15	107
	12-Sep-18	<i>Dies</i>	2,50	49
	24-Sep-18	Pipa oli	5,50	256
	23-Oct-18	<i>per</i>	3,50	99
	14-Nov-18	<i>Dies</i>	3,00	70
	26-Nov-18	As roda	5,00	102
	15-Dec-18	<i>Dies</i>	3,00	31
18-Dec-18	Motor DC	8,00	134	
2019	4-Jan-19	As roda	5,25	39
	28-Jan-19	<i>Dies</i>	3,00	44
	12-Feb-19	<i>per</i>	3,50	112
	20-Feb-19	Pipa oli	5,67	149
	9-Mar-19	Motor DC	19,00	81
	13-Mar-19	<i>Dies</i>	2,90	44
	25-Mar-19	As roda	5,25	80
	22-Apr-19	<i>per</i>	3,50	69
	30-Apr-19	<i>Dies</i>	3,00	48
	2-Jun-19	As roda	5,25	69
	11-Jun-19	<i>Dies</i>	2,75	42
	25-Jun-19	Motor DC	8,00	108
	19-Jul-19	<i>Dies</i>	3,00	38
	25-Jul-19	Pipa oli	5,25	155
	23-Aug-19	<i>Dies</i>	3,00	35
	5-Sep-19	Motor DC	8,00	72
	25-Sep-19	<i>Dies</i>	2,75	33
	30-Sep-19	As roda	5,25	120
	29-Oct-19	<i>Dies</i>	2,75	34
	30-Oct-19	<i>per</i>	3,50	191
	22-Nov-19	As roda	5,25	53
30-Nov-19	<i>Dies</i>	2,75	32	
6-Dec-19	Motor DC	9,00	92	
30-Dec-19	<i>Dies</i>	3,20	30	

## 4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data yang akan dilakukan pada penelitian ini dibagi menjadi dibagi menjadi dua sub bab utama yaitu yang pertama penentuan nilai OEE dan penentuan *six big losses*, dan yang kedua penentuan nilai MTTF dan MTTR berdasarkan komponen kritis.

### 4.2.1 Penentuan Nilai OEE Dan *Six Big Losses*

Pengelompokkan kategori losses merupakan langkah awal sebelum melakukan perhitungan *overall equipment effectiveness* (OEE) dan penentuan *losses* terbesar. Perhitungan *overall equipment effectiveness* (OEE) dilakukan dengan mencari terlebih dahulu nilai *Availability*, *Performance Efficiency* dan *Quality Rate* sesuai dengan Persamaan II.1. kemudian untuk penentuan *six big losses* dilakukan perhitungan dengan formulasi yang tertera pada Persamaan II.7 sampai II.12.

#### 4.2.1.1 Pengelompokkan Kategori *Losses*

Jenis *losses* yang ada menurut Davis (1995) terbagi menjadi enam, yaitu *Breakdown*, *Setup & Adjustment*, *Idling & Minor Stoppages*, *Defects*, *Reduce speed* dan *Reduce yield*. *Breakdown* yaitu kerusakan mesin secara tiba-tiba yang menyebabkan kerugian pada perusahaan. Merujuk pada Tabel 4.2 jenis kerusakan yang menyebabkan *Breakdown* yaitu komponen as roda rusak, kebocoran oli pada pipa, komponen *dies* tumpul, motor DC rusak dan *per* yang longgar. *Setup and adjustment* yaitu semua waktu setup termasuk waktu penyesuaian (*adjustment*) dan juga waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan-kegiatan pengganti satu jenis produk ke jenis produk berikutnya untuk proses produksi selanjutnya. Merujuk pada Tabel 4.2 jenis kerusakan yang termasuk *Setup and adjustment* yaitu *Setting* Baut longgar dan Ganti *van belt*. *Idling and minor Stoppages* yaitu kerugian yang disebabkan oleh kejadian-kejadian seperti pemberhentian mesin sejenak, kemacetan mesin, dan *idle time* dari mesin. Merujuk pada Tabel 4.2 jenis kerusakan yang termasuk *Idling and minor Stoppages* yaitu Error pada sistem kelistrikan, Kekurangan oli pada mesin, Terdapat banyak gram pada mesin. Berdasarkan uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa pada mesin press 10 ton hanya terdapat tiga kerugian dari enam kerugian (*six big losses*) yaitu *Breakdown*, *Idling & Minor Stoppages*, dan *Setup & adjustment*. Adapun kategori untuk jenis *losses* pada mesin *press* 10 ton dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Kategori jenis losses mesin *press* 10 ton

No	Jenis kerusakan	Kategori
1	Komponen as roda rusak	<i>Breakdown</i>
2	Kebocoran oli pada pipa	<i>Breakdown</i>
3	Komponen <i>dies</i> tumpul	<i>Breakdown</i>
4	Motor DC rusak	<i>Breakdown</i>
5	<i>Setting</i> Baut longgar	<i>Setup and Adjustment</i>
6	Ganti <i>van belt</i>	<i>Setup and Adjustment</i>
7	Error pada sistem kelistrikan	<i>Idling and Minor Stoppages</i>
8	Kekurangan oli pada mesin	<i>Idling and Minor Stoppages</i>
9	<i>per</i> yang longgar	<i>Breakdown</i>
10	Terdapat banyak gram pada mesin	<i>Idling and Minor Stoppages</i>

Berdasarkan Tabel 4.5 jenis kerusakan komponen as roda rusak, kebocoran oli pada pipa, komponen *dies* tumpul, Motor DC rusak dan *per* yang longgar termasuk kategori *breakdown*. Tabel waktu kerusakan kategori *breakdown* dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Waktu kerusakan kategori *breakdown*

Bulan	Tanggal	Kerusakan	Downtime (Jam)	Total Waktu (Jam)
Januari	3-Jan-18	Komponen as roda rusak	5,25	23,75
	11-Jan-18	Kebocoran oli pada pipa	5,50	
	18-Jan-18	Komponen <i>dies</i> tumpul	3,00	
	24-Jan-18	Motor DC rusak	10,00	
Februari	9-Feb-18	Komponen as roda rusak	5,25	8,08
	20-Feb-18	Komponen <i>dies</i> tumpul	2,83	
Maret	26-Mar-18	Komponen <i>dies</i> tumpul	2,50	2,50
April	30-Apr-18	Komponen as roda rusak	5,25	5,25
Mei	8-May-18	Motor DC rusak	18,00	24,00
	19-May-18	Komponen <i>dies</i> tumpul	2,50	
	28-May-18	<i>per</i> yang longgar	3,50	
Juni	29-Jun-18	Komponen <i>dies</i> tumpul	2,67	2,67
Juli	16-Jul-18	<i>per</i> yang longgar	3,50	6,00
	25-Jul-18	Komponen <i>dies</i> tumpul	2,50	
Agustus	6-Aug-18	Motor DC rusak	14,00	19,15
	16-Aug-18	Komponen as roda rusak	5,15	
September	12-Sep-18	Komponen <i>dies</i> tumpul	2,50	8,00
	24-Sep-18	Kebocoran oli pada pipa	5,50	
Oktober	23-Oct-18	<i>per</i> yang longgar	3,50	3,50
November	14-Nov-18	Komponen <i>dies</i> tumpul	3,00	8,00
	26-Nov-18	Komponen as roda rusak	5,00	

Tabel 4.6 Waktu kerusakan kategori *breakdown* (Lanjutan)

Bulan	Tanggal	Kerusakan	Downtime (Jam)	Total Waktu (Jam)
Desember	15-Dec-18	Komponen dies tumpul	3,00	11,00
	18-Dec-18	Motor DC rusak	8,00	
Januari	4-Jan-19	Komponen as roda rusak	5,25	8,25
	17-Jan-19	Komponen dies tumpul	3,00	
Februari	12-Feb-19	<i>per</i> yang longgar	3,50	9,17
	20-Feb-19	Kebocoran oli pada pipa	5,67	
Maret	9-Mar-19	Motor DC rusak	19,00	27,15
	13-Mar-19	Komponen dies tumpul	2,90	
	25-Mar-19	Komponen as roda rusak	5,25	
April	22-Apr-19	<i>per</i> yang longgar	3,50	6,50
	30-Apr-19	Komponen dies tumpul	3,00	
Juni	2-Jun-19	Komponen as roda rusak	5,25	16,00
	11-Jun-19	Komponen dies tumpul	2,75	
	25-Jun-19	Motor DC rusak	8,00	
Juli	19-Jul-19	Komponen dies tumpul	3,00	8,25
	25-Jul-19	Kebocoran oli pada pipa	5,25	
Agustus	23-Aug-19	Komponen dies tumpul	3,00	3,00
September	5-Sep-19	Motor DC rusak	8,00	16,00
	25-Sep-19	Komponen dies tumpul	2,75	
	30-Sep-19	Komponen as roda rusak	5,25	
Oktober	29-Oct-19	Komponen dies tumpul	2,75	6,25
	30-Oct-19	<i>per</i> yang longgar	3,50	
November	22-Nov-19	Komponen as roda rusak	5,25	8,00
	30-Nov-19	Komponen dies tumpul	2,75	
Desember	6-Dec-19	Motor DC rusak	9,00	12,20
	11-Dec-19	Komponen dies tumpul	3,20	

Jenis kerusakan *Setting* baut longgar dan Ganti *van belt* termasuk kategori *Setup and Adjustment*. Tabel waktu kerusakan kategori *setup and adjustment* dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Waktu kerusakan kategori *setup and adjustment*

Bulan	Tanggal	Kerusakan	Downtime (Jam)	Total Waktu (Jam)
Maret	1-Mar-18	Ganti <i>van belt</i>	0,80	1,30
	15-Mar-18	Ganti baut rusak	0,50	
Juli	5-Jul-18	Ganti <i>van belt</i>	1,20	1,20
Oktober	2-Oct-18	Ganti baut rusak	0,50	0,50
November	5-Nov-18	Ganti <i>van belt</i>	1,20	1,70
	16-Nov-18	Ganti baut rusak	0,50	

Tabel 4.7 Waktu kerusakan kategori *setup and adjustment* (Lanjutan)

Bulan	Tanggal	Kerusakan	Downtime (Jam)	Total Waktu (Jam)
Desember	22-Dec-18	Ganti <i>van belt</i>	1,20	1,20
Februari	6-Feb-19	Ganti baut rusak	0,50	0,50
Mei	18-May-19	Ganti baut rusak	0,55	1,35
	26-May-19	Ganti <i>van belt</i>	0,80	
Agustus	7-Aug-19	Ganti baut rusak	0,55	1,38
	30-Aug-19	Ganti <i>van belt</i>	0,83	
Oktober	18-Oct-19	Ganti baut rusak	0,55	0,55

Jenis kerusakan error pada sistem kelistrikan, mesin bergetar kencang (kurang oli mesin), terdapat banyak gram pada mesin termasuk kategori *idling and minor stoppages*, Tabel waktu kerusakan kategori *idling and minor stoppages* dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Waktu kerusakan kategori *idling and minor stoppages*

Bulan	Tanggal	Kerusakan	Downtime (Jam)	Total Waktu (Jam)
April	12-Apr-18	Error pada sistem kelistrikan	1,00	2,00
	20-Apr-18	Mesin bergetar kencang (kurang oli mesin)	1,00	
Juni	6-Jun-18	Terdapat banyak gram pada mesin	1,20	1,20
Agustus	24-Aug-18	Mesin bergetar kencang (kurang oli mesin)	1,00	1,00
April	13-Apr-19	Terdapat banyak gram pada mesin	1,10	1,10
Mei	10-May-19	Mesin bergetar kencang (kurang oli mesin)	1,00	1,00
Juli	5-Jul-19	Mesin bergetar kencang (kurang oli mesin)	1,00	1,00
Oktober	24-Oct-19	Mesin bergetar kencang (kurang oli mesin)	1,00	1,00
Desember	11-Dec-19	Terdapat banyak gram pada mesin	1,35	1,35

Berdasarkan hasil pengelompokan jenis kerusakan yang telah diuraikan pada Tabel 4.6 sampai dengan 4.8, maka selanjutnya direkapitulasi secara keseluruhan untuk penentuan identifikasi pada *six big losses*. Rekapitulasi untuk jumlah waktu *losses* mesin *Press* 10 ton dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Rekapitulasi jumlah waktu kerusakan pada mesin *press* 10 ton

Tahun	Bulan	Kategori kerusakan (jam)		
		<i>Breakdown</i>	<i>Setup and Adjustment</i>	<i>Idling and Minor Stoppages</i>
2018	Januari	23,75	0	0
	Februari	8,08	0	0
	Maret	2,50	1,3	0
	April	5,25	0	2
	Mei	24,00	0	0
	Juni	2,67	0	1,2
	Juli	6,00	1,2	0
	Agustus	19,15	0	1
	September	8,00	0	0
	Oktober	3,50	0,5	0
	November	8,00	1,7	0
	Desember	11,00	1,2	0
2019	Januari	8,25	0	0
	Februari	9,17	0,5	0
	Maret	27,15	0	0
	April	6,50	0	1,1
	Mei	0,00	1,35	1
	Juni	16,00	0	0
	Juli	8,25	0	1
	Agustus	3,00	1,38	0
	September	16,00	0	0
	Oktober	6,25	0,55	1
	November	8,00	0	0
	Desember	12,20	0	1,35

#### 4.2.1.2 Penentuan Nilai *Overall Equipment Effectiveness*

Terdapat beberapa pengukuran sebelum menentukan nilai *Overall Equipment Effectiveness*, yaitu dengan mengukur nilai *Availability*, *Performance Efficiency*, dan *Quality Rate*.

##### 1. *Availability*

*Availability* merupakan rasio jumlah waktu alat ini mampu menjalankan produk berkualitas dengan total waktu yang bisa dijalankan. Penentuan nilai *Availability* menggunakan Persamaan II.2. Berdasarkan Persamaan II.2 data yang digunakan untuk menghitung *Availability* yaitu nilai *breakdown losses* (tersedia pada Tabel 4.9), *Setup and Adjustment losses* (tersedia pada Tabel 4.9), dan *Loading Time*. *Loading Time* merupakan waktu yang dimiliki perusahaan untuk melakukan produksi perhari. Penentuan nilai *Loading Time* menggunakan Persamaan II.3 dengan cara mengalikan

antara jumlah jam kerja operasional (tersedia pada Tabel 4.1) dengan jumlah hari kerja perbulan (tersedia pada Tabel 4.2). Adapun contoh perhitungan *loading time* dan *Availability* untuk bulan Januari 2018 yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Loading Time} &= (\text{Jumlah hari kerja} \times \text{jam kerja}) \\ &= (26 \times 7) \\ &= 182 \text{ Jam} \end{aligned}$$

$$\text{Availability} = \frac{\text{Loading Time} - \text{Breakdown and Setup Losses}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

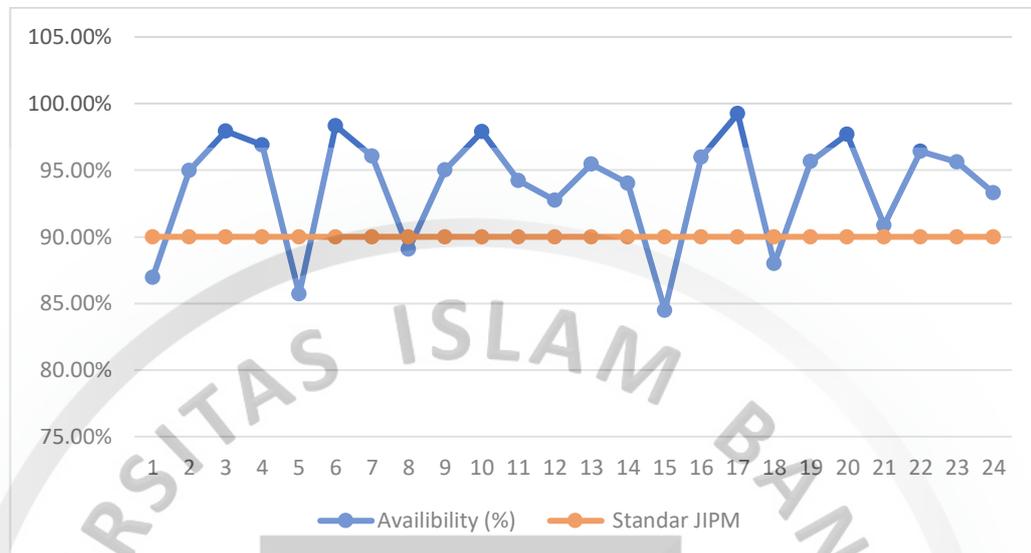
$$\text{Availability} = \frac{182 - 23,75 - 0}{182} \times 100\% = 86,95\%$$

Hasil perhitungan *availability* yang telah dilakukan, selanjutnya direkapitulasi secara keseluruhan yang dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Rekapitulasi nilai *availability* mesin *press* 10 ton

Tahun	Bulan	Jumlah Hari	Jam kerja	Loading time (Jam)	Break down (Jam)	Setup and Adjust ment (Jam)	Availa bility (%)
2018	Januari	26	7	182	23,75	0	86,95%
	Februari	23	7	161	8,08	0	94,98%
	Maret	26	7	182	2,50	1,3	97,91%
	April	24	7	168	5,25	0	96,88%
	Mei	24	7	168	24,00	0	85,71%
	Juni	23	7	161	2,67	0	98,34%
	Juli	26	7	182	6,00	1,2	96,04%
	Agustus	25	7	175	19,15	0	89,06%
	September	23	7	161	8,00	0	95,03%
	Oktober	27	7	189	3,50	0,5	97,88%
	November	24	7	168	8,00	1,7	94,23%
	Desember	24	7	168	11,00	1,2	92,74%
2019	Januari	26	7	182	8,25	0	95,47%
	Februari	23	7	161	9,17	0,5	94,00%
	Maret	25	7	175	27,15	0	84,49%
	April	23	7	161	6,50	0	95,96%
	Mei	25	7	175	0,00	1,35	99,23%
	Juni	19	7	133	16,00	0	87,97%
	Juli	27	7	189	8,25	0	95,63%
	Agustus	27	7	189	3,00	1,38	97,68%
	September	25	7	175	16,00	0	90,86%
	Oktober	27	7	189	6,25	0,55	96,40%
	November	26	7	182	8,00	0	95,60%
	Desember	26	7	182	12,20	0	93,30%

Berdasarkan Tabel 4.10 dapat dilihat grafik tingkat *Availability* mesin press 10 ton dibandingkan dengan standar *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) yaitu 90% dapat ditampilkan dan dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Grafik tingkat *Availability* mesin *press* 10 ton

Berdasarkan Gambar 4.3 masih ada beberapa bulan yang berada dibawah nilai JIPM itu menunjukkan bahwa nilai tersebut harus ada perbaikan, sedangkan yang melebihi nilai JIPM sudah baik dan perlu di pertahankan. Perbandingan ini dilakukan karena perhitungan OEE standardisasi nilainya menggunakan JIPM.

## 2. *Performance Efficiency*

*Performance efficiency* dinyatakan sebagai perbandingan produksi aktual dalam persentase tingkat produksi standar. Penentuan nilai *Performance Efficiency* ditentukan dengan menggunakan Persamaan II.4. Berdasarkan Persamaan II.4 data yang digunakan untuk menghitung *Performance efficiency* yaitu nilai *Idling and Minor Stoppages* (tersedia pada Tabel 4.10), dan nilai *Run Time*. Penentuan nilai *Run Time* menggunakan Persamaan II.5 dengan cara pengurangan antara *Loading Time* (tersedia pada Tabel 4.11) dengan *downtime* (tersedia pada Tabel 4.3). Adapun contoh perhitungan *run time* dan *Performance efficiency* untuk bulan Januari 2018, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Run Time} &= \text{Loading Time} - \text{Downtime} \\ &= 182 - 23,75 = 158,25 \end{aligned}$$

$$\text{Performance Efficiency} = \frac{\text{Run Time} - \text{Idling and Minor Stoppages}}{\text{Run Time}} \times 100\%$$

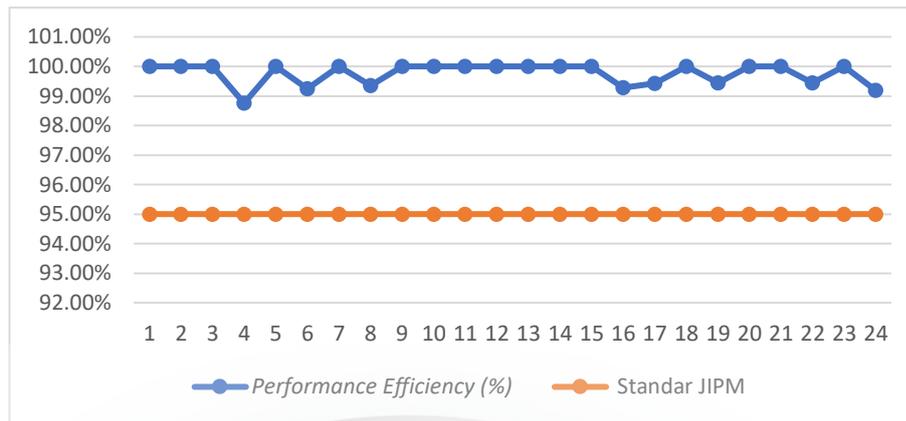
$$\text{Performance Efficiency} = \frac{158,25 - 0}{158,25} \times 100\% = 100\%$$

Hasil perhitungan nilai *Performance Efficiency* yang telah dilakukan, selanjutnya direkapitulasi secara keseluruhan yang dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Rekapitulasi nilai *Performance Efficiency* mesin *press* 10 ton

Tahun	Bulan	<i>Loading time</i> (Jam)	<i>Downtime</i> (Jam)	<i>Run time</i> (Jam)	<i>Idling and Minor Stoppages</i> (Jam)	<i>Performance Efficiency</i> (%)
2018	Januari	182	23,75	158,25	0	100,00%
	Februari	161	8,08	152,92	0	100,00%
	Maret	182	3,80	178,20	0	100,00%
	April	168	7,25	160,75	2	98,76%
	Mei	168	24,00	144,00	0	100,00%
	Juni	161	3,87	157,13	1,2	99,24%
	Juli	182	7,20	174,80	0	100,00%
	Agustus	175	20,15	154,85	1	99,35%
	September	161	8,00	153,00	0	100,00%
	Oktober	189	4,00	185,00	0	100,00%
	November	168	9,70	158,30	0	100,00%
	Desember	168	12,20	155,80	0	100,00%
2019	Januari	182	8,25	173,75	0	100,00%
	Februari	161	9,67	151,33	0	100,00%
	Maret	175	27,15	147,85	0	100,00%
	April	161	7,60	153,40	1,1	99,28%
	Mei	175	2,35	172,65	1	99,42%
	Juni	133	16,00	117,00	0	100,00%
	Juli	189	9,25	179,75	1	99,44%
	Agustus	189	4,38	184,62	0	100,00%
	September	175	16,00	159,00	0	100,00%
	Oktober	189	7,80	181,20	1	99,45%
	November	182	8,00	174,00	0	100,00%
	Desember	182	13,55	168,45	1,35	99.20%

Berdasarkan Tabel 4.11 dapat dilihat grafik tingkat *Performance Efficiency* mesin *press* 10 ton dibandingkan dengan standar *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) yaitu 95% dapat ditampilkan dan dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik tingkat *Performance Efficiency* mesin *press* 10 ton

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa nilai *Performance Efficiency* mesin *press* 10 ton melebihi nilai JIPM dan menandakan bahwa nilai tersebut sudah baik dan harus dipertahankan. Perbandingan ini dilakukan karena perhitungan OEE standardisasi nilainya menggunakan JIPM.

### 3. *Quality Rate*

*Quality rate* dinyatakan sebagai rasio jumlah produk yang dapat diterima yang dibuat dengan jumlah total produk yang dibuat (termasuk produk yang tidak dapat diterima). Penentuan nilai *quality rate* ditentukan dengan menggunakan Persamaan II.6. Berdasarkan Persamaan II.6 data yang digunakan untuk menghitung *Quality rate* yaitu jumlah produk yang dihasilkan dan jumlah produk yang cacat (tersedia pada Tabel 4.4). Adapun perhitungan *quality rate* untuk bulan Januari 2018, yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Quality Rate} &= \frac{\text{Number of units produced} - \text{Number of defect}}{\text{Number of units produced}} \times 100\% \\
 &= \frac{143.100 - 12.667}{143.100} \times 100\% = 91,15\%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai *Quality Rate* yang telah dilakukan, selanjutnya direkapitulasi secara keseluruhan yang dapat dilihat pada Tabel 4.12.

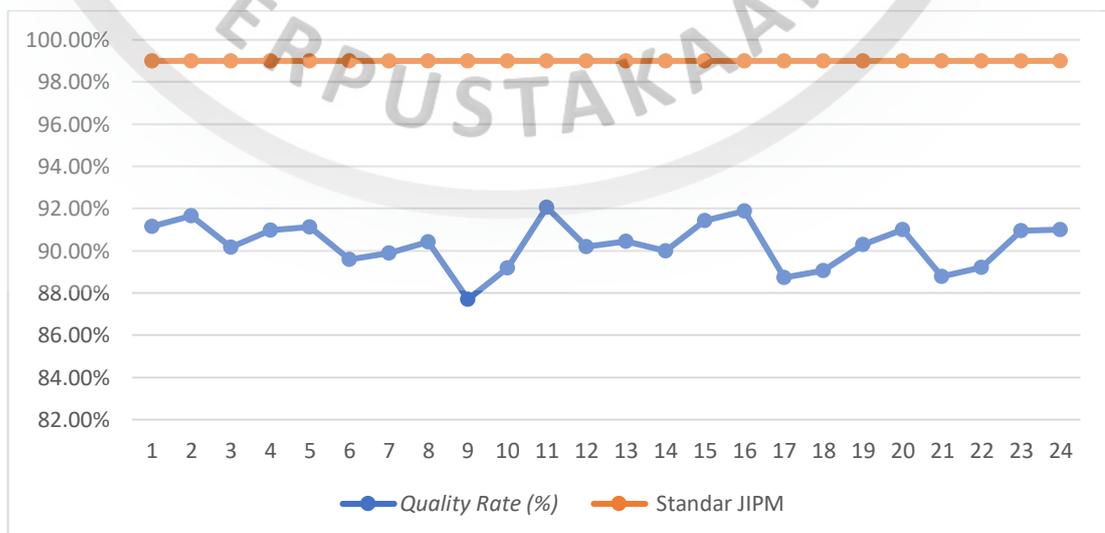
Tabel 4.12 Rekapitulasi nilai *quality rate* mesin *press* 10 ton

Tahun	Bulan	Produksi (Unit)	Produk Cacat (Unit)	<i>Quality Rate</i> (%)
2018	Januari	143.100	12.667	91,15%
	Februari	124.950	10.408	91,67%
	Maret	139.550	13.725	90,16%
	April	134.550	12.149	90,97%

Tabel 4.12 Rekapitulasi nilai *quality rate* mesin *press* 10 ton (Lanjutan)

Tahun	Bulan	Produksi (Unit)	Produk Cacat (Unit)	Quality Rate (%)
2018	Mei	131.000	11.610	91,14%
	Juni	121.400	12.647	89,58%
	Juli	143.100	14.449	89,90%
	Agustus	137.050	13.136	90,42%
	September	124.950	15.368	87,70%
	Oktober	149.150	16.125	89,19%
	November	131.000	10.399	92,06%
	Desember	131.000	12.836	90,20%
2019	Januari	143.100	13.667	90,45%
	Februari	124.950	12.488	90,01%
	Maret	133.500	11.425	91,44%
	April	124.950	10.149	91,88%
	Mei	137.050	15.430	88,74%
	Juni	100.750	11.013	89,07%
	Juli	149.150	14.457	90,31%
	Agustus	145.600	13.103	91,00%
	September	137.050	15.361	88,79%
	Oktober	149150	16.089	89,21%
	November	139.550	12.614	90,96%
	Desember	143.100	12.867	91,01%

Berdasarkan Tabel 4.12 dapat dilihat grafik tingkat *Quality Rate* mesin *press* 10 ton dibandingkan dengan standar *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) yaitu 99% dapat ditampilkan dan dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik tingkat *Quality Rate* mesin *press* 10 ton

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa nilai *Quality Rate* mesin *press* 10 ton masih berada dibawah nilai JIPM itu menunjukkan bahwa nilai tersebut masih dapat di perbaiki lagi. Perbandingan ini dilakukan karena perhitungan OEE standardisasi nilainya menggunakan JIPM.

*Overall Equipment Effectiveness* (OEE) menyatakan dimana suatu alat atau mesin dapat menghasilkan tingkat efisiensi penggunaannya yang dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu *Availability* (Ketersediaan waktu), *Performance Efficiency* (Kinerja), dan *Quality rate* (Kualitas yang dihasilkan). Setelah mendapatkan nilai *Availability*, *Performance Efficiency* dan *Quality Rate*, maka dapat dilakukan perhitungan nilai OEE. Penentuan nilai OEE dilakukan untuk mengetahui persentase penggunaan mesin selama melakukan produksi. Penentuan nilai OEE menggunakan rumus pada Persamaan II.1 dimana perhitungan yang dilakukan yaitu dengan cara mengalikan antara nilai *Availability* (tersedia pada Tabel 4.11), nilai *Performance Efficiency* (tersedia pada Tabel 4.12) dan nilai *Quality Rate* (tersedia pada Tabel 4.13). Adapun contoh perhitungan OEE untuk bulan Januari 2018, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{OEE} &= \text{Availability} \times \text{Performance Efficiency} \times \text{Quality Rate} \\ &= 86,95\% \times 100,00\% \times 91,15\% = 79,25\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai OEE yang telah dilakukan, selanjutnya direkapitulasi secara keseluruhan yang dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Rekapitulasi perhitungan nilai OEE mesin *press* 10 ton

Tahun	Bulan	<i>Availability</i> (%)	<i>Performance Efficiency</i> (%)	<i>Quality Rate</i> (%)	OEE (%)
2018	Januari	86,95%	100,00%	91,15%	79,25%
	Februari	94,98%	100,00%	91,67%	87,07%
	Maret	97,91%	100,00%	90,16%	88,28%
	April	96,88%	98,76%	90,97%	87,03%
	Mei	85,71%	100,00%	91,14%	78,12%
	Juni	98,34%	99,24%	89,58%	87,42%
	Juli	96,04%	100,00%	89,90%	86,35%
	Agustus	89,06%	99,35%	90,42%	80,00%
	September	95,03%	100,00%	87,70%	83,34%
	Oktober	97,88%	100,00%	89,19%	87,30%
	November	94,23%	100,00%	92,06%	86,75%
	Desember	92,74%	100,00%	90,20%	83,65%

Tabel 4.13 Rekapitulasi perhitungan nilai OEE mesin *press* 10 ton (Lanjutan)

Tahun	Bulan	Availability (%)	Performance Efficiency (%)	Quality Rate (%)	OEE (%)
2019	Januari	95,47%	100,00%	90,45%	86,35%
	Februari	94,00%	100,00%	90,01%	84,60%
	Maret	84,49%	100,00%	91,44%	77,26%
	April	95,96%	99,28%	91,88%	87,54%
	Mei	99,23%	99,42%	88,74%	87,55%
	Juni	87,97%	100,00%	89,07%	78,35%
	Juli	95,63%	99,44%	90,31%	85,88%
	Agustus	97,68%	100,00%	91,00%	88,89%
	September	90,86%	100,00%	88,79%	80,67%
	Oktober	96,40%	99,45%	89,21%	85,53%
	November	95,60%	100,00%	90,96%	86,96%
	Desember	93,30%	99,20%	91,01%	84,23%
Rata-rata		93,85%	99,76%	90,29%	84,52%

Berdasarkan Tabel 4.13 diketahui bahwa nilai OEE mesin *press* 10 ton memiliki nilai rata-rata 84,52% dimana kriteria perusahaan yang menguntungkan menurut O'Brien (2015) nilai OEE yang harus dimiliki perusahaan minimal 85% sehingga pada penelitian saat ini CV GMI masih memerlukan perbaikan.

#### 4.2.1.3 Penentuan *Six Big Losses*

Terdapat enam kerugian besar dalam penelitian analisis *Overall Equipment Effectiveness*, diantaranya yaitu *breakdown loss*, *Setup and Adjustment Loss*, *Idling and Minor Stoppages Loss*, *Defect Loss*, *reduce speed loss*, dan *reduce yield loss*. Akan tetapi, kategori *reduced speed loss* dan *reduce yield loss* tidak dihitung, karena kerugian *idling and minor stoppages* sudah mewakili kerugian *reduce speed loss*, dan kerugian *Defect Loss* sudah mewakili kerugian *reduce yield loss*.

##### 1. *Breakdown Loss*

Penentuan *breakdown loss* yaitu untuk mengetahui kerugian yang diakibatkan karena kerusakan mesin secara tiba-tiba. Perhitungan *Breakdown loss* ditentukan dengan menggunakan Persamaan II.7 yang didasarkan atas nilai *Breakdown* (tersedia pada Tabel 4.9) dan nilai *Loading Time* (tersedia pada Tabel 4.10). Berikut salah satu perhitungan *Breakdown loss* untuk bulan Januari 2018, yaitu:

$$\text{Breakdown loss} = \frac{\text{Total Breakdown losses}}{\text{Loading Time}} \times 100\%$$

$$\text{Breakdown loss} = \frac{23,75}{182} \times 100\% = 13,05\%$$

Hasil perhitungan *Breakdown loss* yang telah dilakukan, selanjutnya direkapitulasi pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Rekapitulasi nilai *breakdown loss*

Tahun	Bulan	Breakdown (Jam)	Loading time (Jam)	Breakdown loss
2018	Januari	23,75	182	13,05%
	Februari	8,08	161	5,02%
	Maret	2,50	182	1,37%
	April	5,25	168	3,13%
	Mei	24,00	168	14,29%
	Juni	2,67	161	1,66%
	Juli	6,00	182	3,30%
	Agustus	19,15	175	10,94%
	September	8,00	161	4,97%
	Oktober	3,50	189	1,85%
	November	8,00	168	4,76%
	Desember	11,00	168	6,55%
2019	Januari	8,25	182	4,53%
	Februari	9,17	161	5,69%
	Maret	27,15	175	15,51%
	April	6,50	161	4,04%
	Mei	0,00	175	0,00%
	Juni	16,00	133	12,03%
	Juli	8,25	189	4,37%
	Agustus	3,00	189	1,59%
	September	16,00	175	9,14%
	Oktober	6,25	189	3,31%
	November	8,00	182	4,40%
	Desember	12,20	182	6,70%
Rata-rata				5,92%

## 2. *Idling and Minor Stoppages Loss*

Penentuan *Idling and Minor Stoppages Loss* untuk mengetahui kerugian yang disebabkan oleh kejadian-kejadian seperti pemberhentian mesin sejenak, kemacetan mesin, dan *idle time* dari mesin. Nilai *Idling and Minor Stoppages Loss* ditentukan menggunakan Persamaan II.8 dan didasarkan atas nilai *Idling and Minor Stoppages* (tersedia pada Tabel 4.9) dan nilai *Loading Time* (tersedia pada Tabel 4.10). Berikut salah satu perhitungan *Idling and Minor Loss* untuk bulan April 2018.

$$\begin{aligned}
 \text{Idling and Minor Loss} &= \frac{\text{Total Idling and Minor Losses}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \\
 &= \frac{2}{168} \times 100\% = 1,19\%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *Idling and Minor Stoppages Loss* yang telah dilakukan, selanjutnya direkapitulasi pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Rekapitulasi nilai *idling and minor stoppages loss*

Tahun	Bulan	<i>Idling and Minor Stoppages (Jam)</i>	<i>Loading time (Jam)</i>	<i>Idling and Minor Stoppages loss</i>
2018	Januari	0	182	0,00%
	Februari	0	161	0,00%
	Maret	0	182	0,00%
	April	2	168	1,19%
	Mei	0	168	0,00%
	Juni	1,2	161	0,75%
	Juli	0	182	0,00%
	Agustus	1	175	0,57%
	September	0	161	0,00%
	Oktober	0	189	0,00%
	November	0	168	0,00%
	Desember	0	168	0,00%
2019	Januari	0	182	0,00%
	Februari	0	161	0,00%
	Maret	0	175	0,00%
	April	1,1	161	0,68%
	Mei	1	175	0,57%
	Juni	0	133	0,00%
	Juli	1	189	0,53%
	Agustus	0	189	0,00%
	September	0	175	0,00%
	Oktober	1	189	0,53%
	November	0	182	0,00%
	Desember	1,35	182	0,74%
Rata-rata				0,23%

### 3. *Setup and Adjustment Loss*

Penentuan *Setup and Adjustment Loss* untuk mengetahui kerugian karena pemasangan. Nilai *Setup and Adjustment Loss* ditentukan dengan menggunakan Persamaan II.9 yang didasarkan atas nilai *Setup and Adjustment* (tersedia pada Tabel 4.9) dan nilai *Loading Time* (tersedia pada Tabel 4.10). Berikut salah satu perhitungan *Idling and Minor Loss* untuk bulan Maret 2018.

$$\begin{aligned}
 \text{Setup and Adjustment Loss} &= \frac{\text{Total Setup and Adjustment Losses}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \\
 &= \frac{1,3}{182} \times 100\% = 0,71\%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *Setup and Adjustment Loss* yang telah dilakukan, selanjutnya direkapitulasi pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Rekapitulasi nilai *setup and adjustment loss*

Tahun	Bulan	Setup and Adjustment (Jam)	Loading time (Jam)	Setup and Adjustment loss
2018	Januari	0	182	0,00%
	Februari	0	161	0,00%
	Maret	1,3	182	0,71%
	April	0	168	0,00%
	Mei	0	168	0,00%
	Juni	0	161	0,00%
	Juli	1,2	182	0,66%
	Agustus	0	175	0,00%
	September	0	161	0,00%
	Oktober	0,5	189	0,26%
	November	1,7	168	1,01%
	Desember	1,2	168	0,71%
2019	Januari	0	182	0,00%
	Februari	0,5	161	0,31%
	Maret	0	175	0,00%
	April	0	161	0,00%
	Mei	1,35	175	0,77%
	Juni	0	133	0,00%
	Juli	0	189	0,00%
	Agustus	1,38	189	0,73%
	September	0	175	0,00%
	Oktober	0,55	189	0,29%
	November	0	182	0,00%
	Desember	0	182	0,00%
Rata-rata				0,23%

#### 4. Defect Loss

Penentuan *Defect Loss* untuk mengetahui kerugian kerugian yang disebabkan karena adanya produk cacat. Nilai *Defect Loss* ditentukan dengan Persamaan II.10 yang didasarkan atas waktu siklus (merujuk sub-sub bab 4.1.3), data jumlah produk cacat (tersedia pada Tabel 4.3) dan nilai *Loading Time* (tersedia pada Tabel 4.10). Berikut salah satu perhitungan *Defect Loss* untuk bulan Januari 2018.

$$\begin{aligned}
 \text{Defect Loss} &= \frac{\text{Waktu Siklus} \times \text{Defect Amount}}{\text{Loading Time}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,00027 \times 12667}{182} \times 100\% = 1,88\%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *Defect Loss* yang telah dilakukan, selanjutnya direkapitulasi secara keseluruhan yang dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Rekapitulasi nilai *defect loss*

Tahun	Bulan	Waktu siklus (Jam)	Defect amount (Unit)	Loading time (Jam)	Defect loss
2018	Januari	0,00027	12667	182	1,88%
	Februari	0,00027	10408	161	1,75%
	Maret	0,00027	13725	182	2,04%
	April	0,00027	12149	168	1,95%
	Mei	0,00027	11610	168	1,87%
	Juni	0,00027	12647	161	2,12%
	Juli	0,00027	14449	182	2,14%
	Agustus	0,00027	13136	175	2,03%
	September	0,00027	15368	161	2,58%
	Oktober	0,00027	16125	189	2,30%
	November	0,00027	10399	168	1,67%
	Desember	0,00027	12836	168	2,06%
2019	Januari	0,00027	13667	182	2,03%
	Februari	0,00027	12488	161	2,09%
	Maret	0,00027	11425	175	1,76%
	April	0,00027	10149	161	1,70%
	Mei	0,00027	15430	175	2,38%
	Juni	0,00027	11013	133	2,24%
	Juli	0,00027	14457	189	2,07%
	Agustus	0,00027	13103	189	1,87%
	September	0,00027	15361	175	2,37%
	Oktober	0,00027	16089	189	2,30%
	November	0,00027	12614	182	1,87%
	Desember	0,00027	12867	182	1,91%
Rata-rata					2,04%

#### 4.2.1.3.1 Pemilihan *Losses* Terbesar Untuk Diperbaiki

Berdasarkan hasil perhitungan *six big losses*, Hasil rekapitulasi perhitungan *six big losses* terbesar dapat dilihat pada Tabel 4.18. *Breakdown loss* memiliki persentase yang paling besar yaitu 5,92%. *Breakdown loss* dipengaruhi oleh *downtime* dan *loading time* dari mesin *press* 10 ton.

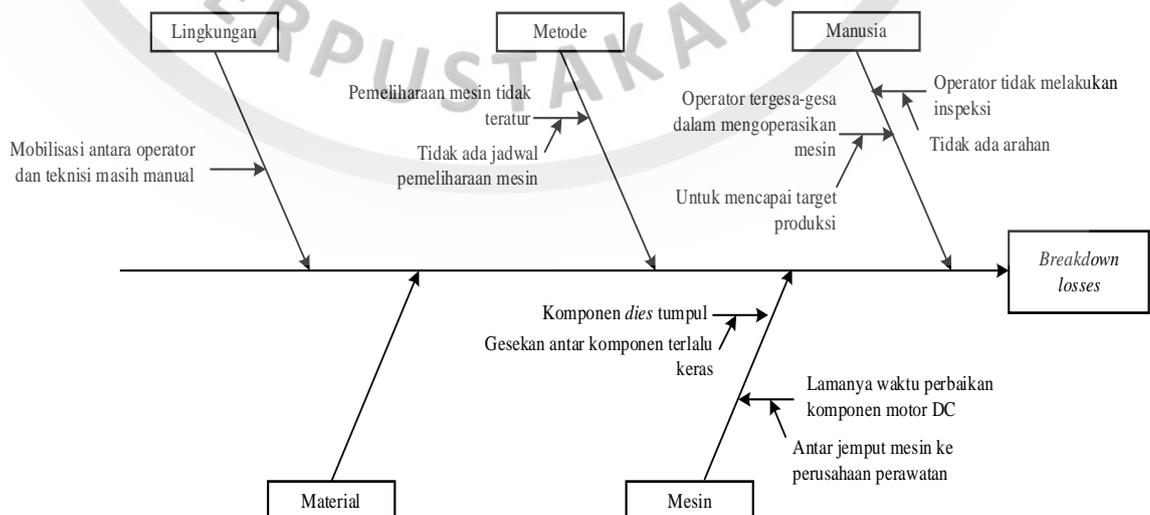
Tabel 4.18 Rekapitulasi Perhitungan *Six Big Losses*

Jenis <i>Losses</i>	Total Persentase <i>Losses</i>
<i>Breakdown Loss</i>	5,92%
<i>Idling and Minor Stoppages Loss</i>	0,23%
<i>Setup and Adjustment Loss</i>	0,23%
<i>Defect Loss</i>	2,04%

#### 4.2.1.3.2 Identifikasi Penyebab *Losses* Terpilih

Berdasarkan hasil dari perhitungan *losses* menggunakan *six big losses*, diperoleh *breakdown losses* (tersedia pada Tabel 4.18) sebagai nilai kerugian yang memiliki persentase tertinggi. Kerugian tersebut dijadikan acuan untuk melakukan perbaikan dengan melihat faktor-faktor penyebab kerusakan.

Penyebab *breakdown loss* pada mesin *press* 10 ton disebabkan oleh 4 faktor yaitu faktor mesin, manusia, metode dan lingkungan. Faktor Material tidak termasuk penyebab kerusakan karena material yang digunakan sudah baik. Faktor mesin diakibatkan oleh komponen *dies* yang sering tumpul karena gesekan antar komponen terlalu keras. Selain itu, lamanya waktu perbaikan komponen motor DC yang rusak karena antar jemput mesin ke perusahaan perawatan memakan waktu yang lama. Faktor manusia diakibatkan oleh operator tidak melakukan inspeksi terhadap komponen-komponen yang sering mengalami kerusakan berdasarkan riwayat kerusakan karena tidak ada arahan dari kepala produksi (*Supervisor*). Selain itu, operator juga terlalu tergesa-gesa karena mengejar target produksi, tetapi menyebabkan komponen mesin *press* 10 ton cepat rusak. Faktor metode diakibatkan oleh prosedur pemeliharaan mesin tidak teratur karena tidak ada jadwal pemeliharaan mesin. Selain itu tidak adanya SOP mesin dalam area produksi. Faktor lingkungan diakibatkan oleh mobilisasi antara operator dengan teknisi masih dilakukan secara manual, sehingga operator membutuhkan waktu untuk menghubungi teknisi jika mesin mengalami kerusakan. Identifikasi penyebab *losses* terbesar dapat dilihat pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Identifikasi penyebab kerugian terbesar

Berdasarkan hasil identifikasi yang telah dijelaskan, ada beberapa rekomendasi berdasarkan faktor dan penyebabnya masing-masing. Adapun tabel rekomendasi dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Rekomendasi Perbaikan *Breakdown Losses*

Akibat	Faktor	Penyebab	Rekomendasi
<i>Breakdown Losses</i>	Mesin	Komponen <i>dies</i> yang sering tumpul karena gesekan antar komponen terlalu keras	Membuat standar penggunaan mesin dan pengecekan terhadap tekanan komponen <i>dies</i>
		Lamanya waktu perbaikan komponen motor DC yang rusak karena antar jempit mesin ke perusahaan perawatan memakan waktu lama	Memanggil pekerja perbaikan mesin ke perusahaan agar dapat mengurangi waktu <i>breakdown</i>
	Manusia	Operator tidak melakukan inspeksi terhadap komponen-komponen yang sering mengalami kerusakan berdasarkan riwayat kerusakan karena tidak ada arahan dari kepala produksi	Membuat instruksi pemeliharaan dalam produksi produksi agar operator secara rutin melakukan inspeksi terhadap komponen yang sering rusak.
		Operator terlalu tergesa-gesa karena mengejar target produksi, tetapi menyebabkan komponen mesin <i>press</i> 10 ton cepat rusak	Melakukan instruksi produksi terhadap operator agar tidak tergesa-gesa dalam bekerja.
	Metode	Pemeliharaan mesin tidak teratur	Membuat penjadwalan pemeliharaan komponen pada mesin berdasarkan tingkat rasio kerusakan yang pernah terjadi dan/atau tingkat kerusakan yang diprediksikan
	Lingkungan	Mobilisasi antara operator dengan teknisi masih dilakukan secara manual	Menyediakan alat bantu agar lebih cepat dalam memperbaiki kerusakan mesin

Berdasarkan rekomendasi yang telah disebutkan pada Tabel 4.19 adalah membuat instruksi pemeliharaan dalam produksi produksi agar operator secara rutin melakukan inspeksi terhadap komponen yang sering rusak dan melakukan instruksi produksi terhadap operator agar tidak tergesa-gesa dalam bekerja diharapkan akan mengurangi *downtime*. Rekomendasi tersebut dipilih untuk dilakukan perbaikan pada penelitian saat ini.

Selain itu membuat penjadwalan pemeliharaan komponen pada mesin berdasarkan tingkat rasio kerusakan yang pernah terjadi dan/atau tingkat kerusakan yang diprediksikan diharapkan dapat mengurangi *downtime* juga. Oleh karena itu perhitungan keandalan komponen perlu dilakukan agar dapat menentukan penjadwalan pemeliharaan mesin. Pembuatan jadwal pemeliharaan ini menggunakan cara *trial and error*. Rekomendasi ini juga dipilih untuk dilakukan perbaikan pada penelitian saat ini.

#### 4.2.2 Penentuan Keandalan Komponen Kritis

Sebelum menentukan keandalan mesin *press* 10 ton ditentukan terlebih dahulu komponen kritis yang ada pada mesin *press* 10 ton, penentuan TTF dan TTR, identifikasi distribusi untuk selang waktu kerusakan (TTF), identifikasi distribusi untuk waktu perbaikan (TTR), uji *goodness of fit test* untuk *time to failure* (TTF) dan *time to repair* (TTR) dan yang terakhir adalah penentuan MTTF dan MTTR. Nilai MTTF dan MTTR tersebut digunakan untuk menentukan keandalan mesin *press* 10 ton, interval pemeliharaan serta dapat menghitung selisih nilai *breakdown* saat ini dan setelah penerapan *planned maintenance*.

##### 4.2.2.1 Pengelompokkan Jenis Komponen Kritis

Pada tahap ini dilakukan pengelompokan jenis komponen mesin *press* 10 ton yang mengalami kerusakan. Merujuk pada Tabel 4.6 terdapat delapan kategori jenis kerusakan komponen, yaitu kerusakan pada komponen as roda, pipa oli, *dies*, motor DC dan *per*. Pengelompokkan frekuensi kerusakan komponen-komponen tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.20 sampai dengan Tabel 4.24.

Tabel 4.20 Frekuensi kerusakan komponen as roda

As Roda			
Tanggal	Interval Kerusakan (Hari)	Frekuensi Kerusakan	Downtime (Jam)
3-Jan-18	-	1	5,25
9-Feb-18	37	1	5,25
30-Apr-18	87	1	5,25
16-Aug-18	107	1	5,15
26-Nov-18	102	1	5,00
4-Jan-19	39	1	5,25
25-Mar-19	80	1	5,25
2-Jun-19	69	1	5,25
30-Sep-19	120	1	5,25
22-Nov-19	53	1	5,25
Total		10	52,15

Tabel 4.21 Frekuensi kerusakan komponen pipa oli

Pipa oli			
Tanggal	Interval Kerusakan (Hari)	Frekuensi Kerusakan	Downtime (Jam)
11-Jan-18	-	1	5,50
24-Sep-18	256	1	5,50
20-Feb-19	149	1	5,67
25-Jul-19	155	1	5,25
Total		4	16,67

Tabel 4.22 Frekuensi kerusakan komponen dies

Dies			
Tanggal	Interval Kerusakan (Hari)	Frekuensi Kerusakan	Downtime (Jam)
18-Jan-18	-	1	3,00
20-Feb-18	33	1	2,83
26-Mar-18	34	1	2,50
19-May-18	68	1	2,50
29-Jun-18	48	1	2,67
25-Jul-18	26	1	2,50
12-Sep-18	49	1	2,50
14-Nov-18	70	1	3,00
15-Dec-18	31	1	3,00
28-Jan-19	44	1	3,00
13-Mar-19	44	1	2,90
30-Apr-19	48	1	3,00
11-Jun-19	42	1	2,75
19-Jul-19	38	1	3,00
23-Aug-19	35	1	3,00
25-Sep-19	33	1	2,75
29-Oct-19	34	1	2,75
30-Nov-19	32	1	2,75
30-Dec-19	30	1	3,20
Total		19	53,60

Tabel 4.23 Frekuensi kerusakan komponen motor DC

Motor DC			
Tanggal	Interval Kerusakan (Hari)	Frekuensi Kerusakan	Downtime (Jam)
24-Jan-18	-	1	10,00
8-May-18	119	1	18,00
6-Aug-18	93	1	14,00
18-Dec-18	134	1	8,00
9-Mar-19	81	1	19,00
25-Jun-19	108	1	8,00
5-Sep-19	72	1	8,00
6-Dec-19	92	1	9,00
Total		8	94,00

Tabel 4.24 Frekuensi kerusakan komponen *per*

<i>Per</i>			
Tanggal	Interval Kerusakan (Hari)	Frekuensi Kerusakan	Downtime (Jam)
28-May-18	-	1	3,50
16-Jul-18	49	1	3,50
23-Oct-18	99	1	3,50
12-Feb-19	112	1	3,50
22-Apr-19	69	1	3,50
30-Oct-19	191	1	3,50
Total		6	21,00

Berdasarkan pengelompokan jenis komponen kritis, maka selanjutnya direkapitulasi jenis komponen kritis mesin *press* 10 ton yang dapat dilihat pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Rekapitulasi Jenis Komponen Kritis Mesin *Press* 10 Ton

No	Komponen	Frekuensi Kerusakan	Downtime (jam)
1	As roda	10	52.15
2	Pipa oli	4	16.67
3	<i>Deis</i>	19	53.60
4	Motor DC	8	94.00
5	<i>Per</i>	6	21.00

Komponen *dies* merupakan komponen kritis yang ada di dalam mesin *press* 10 ton dengan frekuensi kerusakan 19 kali dan waktu 53,60 jam. Frekuensi komponen *dies* lebih besar dari komponen yang lainnya meskipun *Downtime* komponen *dies* lebih kecil dari pada komponen motor DC. Komponen motor DC memiliki waktu berhenti sebesar 94 jam dikarenakan harus mengantarkan mesin yang rusak keperusahaan perawatan sehingga membutuhkan waktu pengantaran yang cukup lama dan bukan karena aktivitas perbaikan.

#### 4.2.2.2 Penentuan *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR)

Pada tahap ini *Time to Failure* merupakan selang waktu dari proses terjadinya kerusakan hingga diperbaiki sampai terjadi kerusakan berikutnya. Sedangkan *Time to Repair* merupakan lamanya waktu perbaikan hingga mesin dapat berfungsi kembali. Untuk penentuan selang waktu kerusakan (*Time to Failure*) pada komponen *dies* selama bulan Januari sampai Desember 2018, yaitu sebagai berikut:

Contoh perhitungan untuk tanggal 20 februari 2018.

$$\begin{aligned} \text{TTR} &= \text{downtime komponen dies tanggal 20 februari 2018} \\ &= 2,83 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Interval kerusakan (jam)} &= \text{jam kerja} \times \text{interval kerusakan (hari)} \text{ (merujuk Tabel 4.25)} \\ &= 7 \times 33 = 231 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TTF} &= \text{Interval kerusakan (jam)} - \text{TTR} \\ &= 231 - 2,83 \\ &= 228,17 \text{ jam} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan TTR dan TTF komponen *dies* direkapitulasi secara keseluruhan pada Tabel 4.26. Pada Tabel 4.26 menginformasikan mengenai interval kerusakan, nilai TTR dan nilai TTF. Interval kerusakan merupakan selisih waktu kerusakan komponen satu dengan kerusakan komponen berikutnya. Nilai TTR di dapatkan dari nilai *downtime* komponen *dies*. Nilai TTF didapat dari pengurangan Interval kerusakan (jam) dengan nilai TTR.

Tabel 4.26 Rekapitulasi perhitungan TTR dan TTF komponen *dies*

Tanggal Kerusakan	Interval Kerusakan		TTR (jam)	TTF (jam)
	Hari	Jam		
20-Feb-18	33	231	2,83	228,17
26-Mar-18	34	238	2,50	235,50
19-May-18	68	476	2,50	473,50
29-Jun-18	48	336	2,67	333,33
25-Jul-18	26	182	2,50	179,50
12-Sep-18	49	343	2,50	340,50
14-Nov-18	70	490	3,00	487,00
15-Dec-18	31	217	3,00	214,00
28-Jan-19	44	308	3,00	305,00
13-Mar-19	44	308	2,90	305,10
30-Apr-19	48	336	3,00	333,00
11-Jun-19	42	294	2,75	291,25
19-Jul-19	38	266	3,00	263,00
23-Aug-19	35	245	3,00	242,00
25-Sep-19	33	231	2,75	228,25
29-Oct-19	34	238	2,75	235,25
30-Nov-19	32	224	2,75	221,25

#### 4.2.2.3 Identifikasi Distribusi Untuk Selang Waktu Kerusakan (*Time to Failure*)

Pada tahap ini dilakukan identifikasi untuk menentukan distribusi. Dalam menentukan distribusi yang sesuai untuk data waktu kerusakan (*Time to Failure*), maka dilakukan perhitungan *index of fit* dari setiap distribusi. Selain itu juga, pemilihan distribusi didasarkan pada nilai *index of fit* yang terbesar dari masing-

masing jenis kerusakan. Merujuk dari Ebeling (1997) Identifikasi distribusi kerusakan meliputi distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi lognormal, dan distribusi weibull. Keempat distribusi tersebut biasanya dipakai untuk mengidentifikasi kerusakan mesin. Perhitungan *index of fit* dilakukan untuk mengetahui nilai jenis distribusi yang dipakai dari data *time to failure*. Dari distribusi yang dipakai, dapat diketahui rumus mana yang akan digunakan untuk menentukan *mean time to failure* (MTTF). Langkah-langkah perhitungan *index of fit* terbagi untuk setiap distribusi yaitu sebagai berikut.

### 1. Distribusi Eksponensial

Pada tahap ini yaitu menghitung *index of fit* kerusakan komponen *dies* dengan menggunakan distribusi eksponensial. Perhitungan tersebut ditampilkan dan dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Rekapitulasi *index of fit* TTF distribusi eksponensial

Distribusi Eksponensial							
<i>i</i>	<i>t<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub> = t<sub>i</sub></i>	<i>F(t<sub>i</sub>)</i>	<i>Y<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub> * y<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub><sup>2</sup></i>	<i>y<sub>i</sub><sup>2</sup></i>
1	179,50	179,50	0,04	0,04	7,37	32220,25	0,00
2	214,00	214,00	0,10	0,10	22,00	45796,00	0,01
3	221,25	221,25	0,16	0,17	37,31	48951,56	0,03
4	228,17	228,17	0,21	0,24	54,55	52061,55	0,06
5	228,25	228,25	0,27	0,31	71,87	52098,06	0,10
6	235,25	235,25	0,33	0,40	93,37	55342,56	0,16
7	235,50	235,50	0,39	0,49	114,51	55460,25	0,24
8	242,00	242,00	0,44	0,58	141,41	58564,00	0,34
9	263,00	263,00	0,50	0,69	182,30	69169,00	0,48
10	291,25	291,25	0,56	0,82	237,44	84826,56	0,66
11	305,00	305,00	0,61	0,95	291,08	93025,00	0,91
12	305,10	305,10	0,67	1,12	340,49	93086,01	1,25
13	333,00	333,00	0,73	1,31	435,87	110889,00	1,71
14	333,33	333,33	0,79	1,55	516,04	111108,89	2,40
15	340,50	340,50	0,84	1,86	634,43	115940,25	3,47
16	473,50	473,50	0,90	2,33	1101,29	224202,25	5,41
17	487,00	487,00	0,96	3,21	1564,80	237169,00	10,32
<b>Total</b>	<b>4915,60</b>	<b>4915,60</b>		<b>16,17</b>	<b>5846,12</b>	<b>1539910,20</b>	<b>27,55</b>
<i>Index of Fit</i>				<b>0,974</b>			

Berikut contoh perhitungan *index of fit* TTF untuk distribusi eksponensial

dijelaskan di bawah ini.

$$x_i = t_i = \text{TTF} = 179,5$$

$$F(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{17 + 0,4} = 0,04$$

$$y_i = \ln \left[ \frac{1}{1 - F(t_i)} \right] = \ln \left[ \frac{1}{1 - 0,04} \right] = 0,04$$

$$r = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][N \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

$$= \frac{17(5846,12) - (4915,60)(16,17)}{\sqrt{[(17 \cdot 1539910,20) - (4915,60)^2][(17 \cdot 27,55) - (16,17)^2]}}$$

$$= 0,974$$

Berdasarkan perhitungan distribusi eksponensial di atas, maka dapat diketahui *index of fit* (r) untuk kerusakan komponen *dies* yaitu sebesar 0,974.

## 2. Distribusi Normal

Pada tahap ini yaitu menghitung *index of fit* kerusakan komponen *dies* dengan menggunakan distribusi normal. Perhitungan tersebut ditampilkan dan dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Rekapitulasi *index of fit* TTF distribusi normal

Distribusi Normal							
<i>i</i>	<i>t<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub> = t<sub>i</sub></i>	<i>F(t<sub>i</sub>)</i>	<i>y<sub>i</sub> = z<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub> * y<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub><sup>2</sup></i>	<i>y<sub>i</sub><sup>2</sup></i>
1	179,50	179,50	0,04	-1,75	-313,77	32220,25	3,06
2	214,00	214,00	0,10	-1,29	-277,08	45796,00	1,68
3	221,25	221,25	0,16	-1,01	-224,46	48951,56	1,03
4	228,17	228,17	0,21	-0,80	-181,92	52061,55	0,64
5	228,25	228,25	0,27	-0,61	-139,80	52098,06	0,38
6	235,25	235,25	0,33	-0,45	-105,06	55342,56	0,20
7	235,50	235,50	0,39	-0,29	-68,82	55460,25	0,09
8	242,00	242,00	0,44	-0,14	-34,98	58564,00	0,02
9	263,00	263,00	0,50	0,00	0,00	69169,00	0,00
10	291,25	291,25	0,56	0,14	42,10	84826,56	0,02
11	305,00	305,00	0,61	0,29	89,13	93025,00	0,09
12	305,10	305,10	0,67	0,45	136,25	93086,01	0,20
13	333,00	333,00	0,73	0,61	203,95	110889,00	0,38
14	333,33	333,33	0,79	0,80	265,76	111108,89	0,64
15	340,50	340,50	0,84	1,01	345,44	115940,25	1,03
16	473,50	473,50	0,90	1,29	613,07	224202,25	1,68
17	487,00	487,00	0,96	1,75	851,29	237169,00	3,06
<b>Total</b>	<b>4915,60</b>	<b>4915,60</b>		<b>0,00</b>	<b>1201,11</b>	<b>1539910,20</b>	<b>14,16</b>
<i>Index of Fit</i>				<b>0,927</b>			

Berikut contoh perhitungan *index of fit* TTF untuk distribusi lognormal dijelaskan di bawah ini,

$$x_i = t_i = \text{TTF} = 179,5$$

$$F(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{17 + 0,4} = 0,04$$

$$y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = \Phi^{-1}[0,04] = -1,75 \text{ (menggunakan tabel } \textit{standardized normal probabilities})$$

$$r = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][N \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

$$= \frac{17(1201,11) - (4915,60)(0)}{\sqrt{[(17 \cdot 1539910,20) - (4915,60)^2][(17 \cdot 14,16) - (0)^2]}}$$

$$= 0,927$$

Berdasarkan perhitungan distribusi normal di atas, maka dapat diketahui *index of fit* (r) untuk kerusakan komponen *dies* yaitu sebesar 0,927.

### 3. Distribusi Lognormal

Pada tahap ini yaitu menghitung *index of fit* kerusakan komponen *dies* dengan menggunakan distribusi lognormal. Perhitungan tersebut ditampilkan dan dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29 Rekapitulasi *index of fit* TTF distribusi lognormal

Distribusi Lognormal							
I	$t_i$	$x_i = \ln t_i$	$F(t_i)$	$y_i$	$x_i * y_i$	$x_i^2$	$y_i^2$
1	179,50	5,19	0,04	-1,75	-9,07	26,94	3,06
2	214,00	5,37	0,10	-1,29	-6,95	28,79	1,68
3	221,25	5,40	0,16	-1,01	-5,48	29,15	1,03
4	228,17	5,43	0,21	-0,80	-4,33	29,49	0,64
5	228,25	5,43	0,27	-0,61	-3,33	29,49	0,38
6	235,25	5,46	0,33	-0,45	-2,44	29,82	0,20
7	235,50	5,46	0,39	-0,29	-1,60	29,83	0,09
8	242,00	5,49	0,44	-0,14	-0,79	30,13	0,02
9	263,00	5,57	0,50	0,00	0,00	31,05	0,00
10	291,25	5,67	0,56	0,14	0,82	32,20	0,02
11	305,00	5,72	0,61	0,29	1,67	32,72	0,09
12	305,10	5,72	0,67	0,45	2,55	32,73	0,20
13	333,00	5,81	0,73	0,61	3,56	33,73	0,38
14	333,33	5,81	0,79	0,80	4,63	33,75	0,64
15	340,50	5,83	0,84	1,01	5,91	33,99	1,03
16	473,50	6,16	0,90	1,29	7,98	37,95	1,68
17	487,00	6,19	0,96	1,75	10,82	38,29	3,06
<b>Total</b>	<b>4915,60</b>	<b>95,71</b>		<b>0,00</b>	<b>3,96</b>	<b>540,05</b>	<b>14,16</b>
<b>Index of Fit</b>					<b>0,965</b>		

Berikut contoh perhitungan *index of fit* TTF untuk distribusi lognormal dijelaskan di bawah ini.

$$x_i = \ln t_i = \ln (179,5) = 5,19$$

$$F(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{17 + 0,4} = 0,04$$

$$y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = \Phi^{-1}[0,04] = -1,75 \text{ (menggunakan tabel } \textit{standardized normal probabilities})$$

$$r = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][N \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

$$= \frac{17(3,96) - (95,71)(0)}{\sqrt{[(17 \cdot 540,05) - (95,71)^2][(17 \cdot 14,16) - (0)^2]}}$$

$$= 0,965$$

Berdasarkan perhitungan distribusi lognormal di atas, maka dapat diketahui *index of fit* (r) untuk kerusakan komponen *dies* yaitu sebesar 0,965.

#### 4. Distribusi Weibull

Pada tahap ini yaitu menghitung *index of fit* kerusakan komponen *dies* dengan menggunakan distribusi weibull. Perhitungan tersebut ditampilkan dan dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30 Rekapitulasi *index of fit* TTF distribusi Weibull

Distribusi Weibull							
<i>i</i>	<i>t<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub> = ln t<sub>i</sub></i>	<i>F(t<sub>i</sub>)</i>	<i>y<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub> * y<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub><sup>2</sup></i>	<i>y<sub>i</sub><sup>2</sup></i>
1	179,50	5,19	0,04	-3,19	-16,57	26,94	10,19
2	214,00	5,37	0,10	-2,27	-12,21	28,79	5,18
3	221,25	5,40	0,16	-1,78	-9,61	29,15	3,17
4	228,17	5,43	0,21	-1,43	-7,77	29,49	2,05
5	228,25	5,43	0,27	-1,16	-6,28	29,49	1,34
6	235,25	5,46	0,33	-0,92	-5,05	29,82	0,85
7	235,50	5,46	0,39	-0,72	-3,94	29,83	0,52
8	242,00	5,49	0,44	-0,54	-2,95	30,13	0,29
9	263,00	5,57	0,50	-0,37	-2,04	31,05	0,13
10	291,25	5,67	0,56	-0,20	-1,16	32,20	0,04
11	305,00	5,72	0,61	-0,05	-0,27	32,72	0,00
12	305,10	5,72	0,67	0,11	0,63	32,73	0,01
13	333,00	5,81	0,73	0,27	1,56	33,73	0,07
14	333,33	5,81	0,79	0,44	2,54	33,75	0,19
15	340,50	5,83	0,84	0,62	3,63	33,99	0,39
16	473,50	6,16	0,90	0,84	5,20	37,95	0,71
17	487,00	6,19	0,96	1,17	7,22	38,29	1,36
<b>Total</b>	<b>4915,60</b>	<b>95,71</b>		<b>-9,18</b>	<b>-47,06</b>	<b>540,05</b>	<b>26,50</b>
<b>Index of Fit</b>					<b>0,919</b>		

Berikut contoh perhitungan *index of fit* TTF untuk distribusi weibull dijelaskan di bawah ini.

$$x_i = \ln t_i = \ln (179,5) = 5,19$$

$$F(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{17 + 0,4} = 0,04$$

$$y_i = \ln \left[ -\ln \left[ \frac{1}{1 - F(t_i)} \right] \right] = \ln \left[ -\ln \left[ \frac{1}{1 - (0,04)} \right] \right] = -3,19$$

$$r = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][N \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

$$= \frac{17(-47,06) - (95,71)(-9,18)}{\sqrt{[(17 \cdot 540,05) - (95,71)^2][(17 \cdot 26,50) - (-9,18)^2]}} = 0,919$$

Berdasarkan perhitungan distribusi weibull di atas, maka dapat diketahui *index of fit* ( $r$ ) untuk kerusakan komponen *dies* yaitu sebesar 0,919.

### 5. Rekapitulasi *Index of Fit* untuk TTF

Berdasarkan hasil perhitungan dari *index of fit* untuk TTF komponen *dies* untuk masing-masing distribusi, diperoleh nilai **0,974** untuk distribusi eksponensial, 0,927 untuk distribusi normal, 0,965 untuk distribusi lognormal dan 0,919 untuk distribusi weibull. Diantara distribusi tersebut yang terbesar adalah distribusi eksponensial.

#### 4.2.2.4 Uji *Goodness of Fit Test* Untuk *Time to Failure* (TTF)

Setelah memperoleh nilai *index of fit* dan distribusi yang terpilih untuk kerusakan komponen *dies*, selanjutnya dilakukan pengujian terlebih dahulu dalam menyesuaikan datanya. Berikut pengujian-pengujian yang digunakan yaitu:

- Barlett's test*,  $\alpha = 0,05$  untuk menguji distribusi eksponensial
- Kolmogorov-Smirnov test*,  $\alpha = 0,05$  untuk menguji distribusi normal dan lognormal
- Mann's test*,  $\alpha = 0,05$  untuk menguji distribusi weibull

Berdasarkan perhitungan *index of fit*, distribusi eksponensial memiliki *index of fit* terbesar diantara distribusi lainnya. Namun, ketika dilakukan uji *goodness of fit* menggunakan *Barlett's test* (Lampiran 12), nilai  $B$  menunjukkan bahwa nilai  $B < X_{\frac{1-\alpha}{2}, r-1}^2$  dan  $B < X_{\frac{\alpha}{2}, r-1}^2$ , maka hal ini menyatakan data TTF tidak berdistribusi eksponensial. Kemudian dilakukan kembali uji *goodness of fit* untuk distribusi yang memiliki *index of fit* terbesar kedua yaitu distribusi Lognormal. Namun, ketika dilakukan uji *Kolmogorov-Smirnov test* (Lampiran 13), nilai  $D_n > D_{kritis}$ . Hal ini menyatakan bahwa data TTF tidak berdistribusi lognormal. Selanjutnya *index of fit* terbesar ketiga yaitu distribusi normal. Namun, ketika dilakukan uji *Kolmogorov-Smirnov test* (Lampiran 14), nilai  $D_n$  tetap lebih besar di banding  $D_{kritis}$ . Hal ini menyatakan bahwa data TTF tidak berdistribusi normal. *Index of fit* terbesar keempat

yaitu distribusi Weibull. Adapun uji *goodness of fit* distribusi Weibull menggunakan *Mann's test* adalah sebagai berikut.

$H_0$  : Data *Time To Failure* (TTF) berdistribusi Weibull

$H_1$  : Data *Time To Failure* (TTF) tidak berdistribusi Weibull

$\alpha = 0,05$  dan jika  $M_{hitung} < F_{erit}$ , maka  $H_0$  diterima.

$$k_1 = \left\lfloor \frac{r}{2} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{17}{2} \right\rfloor = 8,5$$

$$k_2 = \left\lceil \frac{r-1}{2} \right\rceil = \left\lceil \frac{17-1}{2} \right\rceil = 8$$

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

$$Z_1 = \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1-0,5}{17+0,25} \right) \right] = -3,53$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i$$

$$M_1 = Z_{1+1} - Z_1 = -2,40 - (-3,53) = 1,13$$

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]} = 1,1875$$

$$F_{erit} = F_{(\alpha, 2k_1, 2k_2)} = F_{(0,05; 17; 16)} = 2,3167$$

Karena  $M < F_{erit}$  ( $1,1875 < 2,3167$ ), maka terima  $H_0$ . Hal ini menunjukkan bahwa data TTF komponen *dies* berdistribusi Weibull. Adapun hasil uji *goodness of fit* untuk data TTF komponen *dies* akan ditampilkan pada Tabel 4.31.

Tabel 4.31 Rekapitulasi uji *goodness of fit* TTF untuk distribusi Weibull

$I$	$t_i$	$x_i = \ln t_i$	$Z_i$	$M_i$	$\frac{\ln t_{(i+1)} - \ln t_i}{M_i}$	$\frac{(\ln t_{(i+1)} - \ln t_i)}{M_i}$	$M$
1	179,50	5,19	-3,53	1,13	0,18	0,1557024	1,1875
2	214,00	5,37	-2,40	0,54	0,03	0,0613637	
3	221,25	5,40	-1,85	0,37	0,03	0,083135	
4	228,17	5,43	-1,48	0,29	0,00	0,0012197	
5	228,25	5,43	-1,20	0,24	0,03	0,1262957	
6	235,25	5,46	-0,96	0,21	0,00	0,0050975	
7	235,50	5,46	-0,75	0,19	0,03	0,1450593	
8	242,00	5,49	-0,56	0,17	0,08	0,4791537	
9	263,00	5,57	-0,39	0,16	0,10	0,6202477	
10	291,25	5,67	-0,22	0,16	0,05	0,2896207	
11	305,00	5,72	-0,06	0,16	0,00	0,0020779	
12	305,10	5,72	0,09	0,16	0,09	0,5457449	
13	333,00	5,81	0,25	0,17	0,00	0,0058852	
14	333,33	5,81	0,42	0,19	0,02	0,1150277	
15	340,50	5,83	0,61	0,22	0,33	1,498398	

Tabel 4.31 Rekapitulasi uji *goodness of fit* TTF untuk distribusi Weibull (Lanjutan)

<i>I</i>	<i>t<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub> = ln t<sub>i</sub></i>	<i>Z<sub>i</sub></i>	<i>M<sub>i</sub></i>	$\frac{\ln t_{(i+1)} - \ln t_i}{M_i}$	$\frac{(\ln t_{(i+1)} - \ln t_i) - M_i}{M_i}$	<i>M</i>
16	473,50	6,16	0,83	0,32	0,03	0,0892386	
17	487,00	6,19	1,14				
<b>Total</b>	<b>4915,60</b>	<b>95,71</b>					

#### 4.2.2.5 Pendugaan Parameter dan Perhitungan Nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) Komponen *Dies*

Berdasarkan distribusi untuk data TTF komponen *dies* yang terpilih adalah distribusi Weibull. Maka pendugaan parameter yang digunakan adalah  $\beta$  (parameter bentuk) dan  $\theta$  (parameter skala). Berikut merupakan perhitungan parameter  $\beta$  dan  $\theta$ .

$$\beta = b$$

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} = 3,91$$

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

$$a = -22,533$$

$$\theta = e^{-\left(\frac{a}{\beta}\right)} = 320,008$$

Dengan diperolehnya parameter distribusi, maka dapat dilakukan perhitungan MTTF dengan menggunakan formula:

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

$$MTTF = 320,008 \gamma \left(1 + \frac{1}{3,91}\right)$$

$$MTTF = 320,008 \gamma(1,256)$$

$$MTTF = (320,008)(0,90519) \rightarrow \text{diperoleh dari Tabel Gamma}$$

$$MTTF = 289,667 \text{ jam}$$

Jadi, nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) untuk komponen *Dies* adalah 289,667 jam. Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata waktu perbaikan dari komponen *Dies* adalah 289,667 jam.

#### 4.2.2.6 Identifikasi Distribusi Untuk Waktu Perbaikan (*Time to Repair*)

Pada tahap ini dilakukan identifikasi untuk menentukan distribusi. Dalam menentukan distribusi yang sesuai untuk data waktu perbaikan (*Time to Repair*), maka dilakukan perhitungan *index of fit* dari setiap distribusi. Selain itu juga, pemilihan distribusi didasarkan pada nilai *index of fit* yang terbesar dari masing-masing jenis kerusakan. Identifikasi distribusi ini meliputi distribusi eksponensial, distribusi

normal, distribusi lognormal, dan distribusi weibull. Perhitungan *index of fit* dilakukan untuk mengetahui nilai jenis distribusi yang dipakai dari data *time to Repair*. Dari distribusi yang dipakai, dapat diketahui rumus mana yang akan digunakan untuk menentukan *mean time to repair* (MTTR). Langkah-langkah perhitungan *index of fit* terbagi untuk setiap distribusi yaitu sebagai berikut.

### 1. Distribusi Eksponensial

Pada tahap ini yaitu menghitung *index of fit* kerusakan komponen *dies* dengan menggunakan distribusi eksponensial. Perhitungan tersebut ditampilkan dan dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32 Rekapitulasi *index of fit* TTR distribusi eksponensial

Distribusi Eksponensial							
<i>i</i>	<i>t<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub> = t<sub>i</sub></i>	<i>F(t<sub>i</sub>)</i>	<i>y<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub> * y<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub><sup>2</sup></i>	<i>y<sub>i</sub><sup>2</sup></i>
1	2,50	2,50	0,04	0,04	0,10	6,25	0,00
2	2,50	2,50	0,10	0,10	0,26	6,25	0,01
3	2,50	2,50	0,16	0,17	0,42	6,25	0,03
4	2,50	2,50	0,21	0,24	0,60	6,25	0,06
5	2,67	2,67	0,27	0,31	0,84	7,13	0,10
6	2,75	2,75	0,33	0,40	1,09	7,56	0,16
7	2,75	2,75	0,39	0,49	1,34	7,56	0,24
8	2,75	2,75	0,44	0,58	1,61	7,56	0,34
9	2,75	2,75	0,50	0,69	1,91	7,56	0,48
10	2,83	2,83	0,56	0,82	2,31	8,01	0,66
11	2,90	2,90	0,61	0,95	2,77	8,41	0,91
12	3,00	3,00	0,67	1,12	3,35	9,00	1,25
13	3,00	3,00	0,73	1,31	3,93	9,00	1,71
14	3,00	3,00	0,79	1,55	4,64	9,00	2,40
15	3,00	3,00	0,84	1,86	5,59	9,00	3,47
16	3,00	3,00	0,90	2,33	6,98	9,00	5,41
17	3,00	3,00	0,96	3,21	9,64	9,00	10,32
<b>Total</b>	<b>47,40</b>	<b>47,40</b>		<b>16,17</b>	<b>47,36</b>	<b>132,80</b>	<b>27,55</b>
<i>Index of Fit</i>					<b>0,817</b>		

Berikut contoh perhitungan *index of fit* TTR untuk distribusi eksponensial dijelaskan di bawah ini,

$$x_i = t_i = 2,50$$

$$F t_i = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{17 + 0,4} = 0,04$$

$$y_i = \ln \left[ \frac{1}{1 - F(t_i)} \right] = \ln \left[ \frac{1}{1 - 0,04} \right] = 0,04$$

$$r = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][N \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{17(47,36) - (47,40)(16,17)}{\sqrt{[(17 \cdot 132,80) - (47,40)^2][(17 \cdot 27,55) - (16,17)^2]}} = 0,817$$

Berdasarkan perhitungan distribusi eksponensial di atas, maka dapat diketahui *index of fit* ( $r$ ) untuk kerusakan komponen *dies* yaitu sebesar 0,817,

## 2. Distribusi Normal

Pada tahap ini yaitu menghitung *index of fit* kerusakan komponen *dies* dengan menggunakan distribusi normal. Perhitungan tersebut ditampilkan dan dapat dilihat pada Tabel 4.33.

Tabel 4.33 Rekapitulasi *index of fit* TTR distribusi normal

Distribusi Normal							
$i$	$t_i$	$x_i = t_i$	$F(t_i)$	$y_i = z_i$	$x_i * y_i$	$x_i^2$	$y_i^2$
1	2,50	2,50	0,04	-1,75	-4,37	6,25	3,06
2	2,50	2,50	0,10	-1,29	-3,24	6,25	1,68
3	2,50	2,50	0,16	-1,01	-2,54	6,25	1,03
4	2,50	2,50	0,21	-0,80	-1,99	6,25	0,64
5	2,67	2,67	0,27	-0,61	-1,64	7,13	0,38
6	2,75	2,75	0,33	-0,45	-1,23	7,56	0,20
7	2,75	2,75	0,39	-0,29	-0,80	7,56	0,09
8	2,75	2,75	0,44	-0,14	-0,40	7,56	0,02
9	2,75	2,75	0,50	0,00	0,00	7,56	0,00
10	2,83	2,83	0,56	0,14	0,41	8,01	0,02
11	2,90	2,90	0,61	0,29	0,85	8,41	0,09
12	3,00	3,00	0,67	0,45	1,34	9,00	0,20
13	3,00	3,00	0,73	0,61	1,84	9,00	0,38
14	3,00	3,00	0,79	0,80	2,39	9,00	0,64
15	3,00	3,00	0,84	1,01	3,04	9,00	1,03
16	3,00	3,00	0,90	1,29	3,88	9,00	1,68
17	3,00	3,00	0,96	1,75	5,24	9,00	3,06
<b>Total</b>	<b>47,40</b>	<b>47,40</b>		<b>0,00</b>	<b>2,80</b>	<b>132,80</b>	<b>14,16</b>
<b>Index of Fit</b>				<b>0,932</b>			

Berikut contoh perhitungan *index of fit* TTR untuk distribusi lognormal dijelaskan di bawah ini.

$$x_i = t_i = 2,50$$

$$F(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{17 + 0,4} = 0,04$$

$$y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = \Phi^{-1}[0,04] = -1,75 \text{ (menggunakan tabel } \textit{standardized normal probabilities})$$

$$r = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][N \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{17(2,80) - (47,40)(0)}{\sqrt{[(17 \cdot 132,80) - (47,40)^2][(17 \cdot 14,16) - (0)^2]}} = 0,932$$

Berdasarkan perhitungan distribusi normal di atas, maka dapat diketahui *index of fit* (r) untuk kerusakan komponen *dies* yaitu sebesar 0,932.

### 3. Distribusi Lognormal

Pada tahap ini yaitu menghitung *index of fit* kerusakan komponen *dies* dengan menggunakan distribusi lognormal. Perhitungan tersebut ditampilkan dan dapat dilihat pada Tabel 4.34.

Tabel 4.34 Rekapitulasi *index of fit* TTR distribusi lognormal

Distribusi Lognormal							
<i>i</i>	<i>t<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub> = ln t<sub>i</sub></i>	<i>F(t<sub>i</sub>)</i>	<i>y<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub> * y<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub><sup>2</sup></i>	<i>y<sub>i</sub><sup>2</sup></i>
1	2,50	0,92	0,04	-1,75	-1,60	0,84	3,06
2	2,50	0,92	0,10	-1,29	-1,19	0,84	1,68
3	2,50	0,92	0,16	-1,01	-0,93	0,84	1,03
4	2,50	0,92	0,21	-0,80	-0,73	0,84	0,64
5	2,67	0,98	0,27	-0,61	-0,60	0,96	0,38
6	2,75	1,01	0,33	-0,45	-0,45	1,02	0,20
7	2,75	1,01	0,39	-0,29	-0,30	1,02	0,09
8	2,75	1,01	0,44	-0,14	-0,15	1,02	0,02
9	2,75	1,01	0,50	0,00	0,00	1,02	0,00
10	2,83	1,04	0,56	0,14	0,15	1,08	0,02
11	2,90	1,06	0,61	0,29	0,31	1,13	0,09
12	3,00	1,10	0,67	0,45	0,49	1,21	0,20
13	3,00	1,10	0,73	0,61	0,67	1,21	0,38
14	3,00	1,10	0,79	0,80	0,88	1,21	0,64
15	3,00	1,10	0,84	1,01	1,11	1,21	1,03
16	3,00	1,10	0,90	1,29	1,42	1,21	1,68
17	3,00	1,10	0,96	1,75	1,92	1,21	3,06
<b>Total</b>	<b>47,40</b>	<b>17,39</b>		<b>0,00</b>	<b>1,01</b>	<b>17,87</b>	<b>14,16</b>
<b>Index of Fit</b>				<b>0,930</b>			

Berikut contoh perhitungan *index of fit* TTR untuk distribusi lognormal dijelaskan di bawah ini.

$$x_i = \ln t_i = \ln(2,50) = 0,92$$

$$F(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{17 + 0,4} = 0,04$$

$$y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)] = \Phi^{-1}[0,04] = -1,75 \text{ (menggunakan tabel } \textit{standardized normal probabilities})$$

$$r = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][N \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{17(1,01) - (17,39)(0)}{\sqrt{[(17 \cdot 17,87) - (17,39)^2][(17 \cdot 14,16) - (0)^2]}}$$

$$r = 0,930$$

Berdasarkan perhitungan distribusi lognormal di atas, maka dapat diketahui *index of fit* (r) untuk kerusakan komponen *dies* yaitu sebesar 0,930.

#### 4. Distribusi Weibull

Pada tahap ini yaitu menghitung *index of fit* kerusakan komponen *dies* dengan menggunakan distribusi weibull. Perhitungan tersebut ditampilkan dan dapat dilihat pada Tabel 4.35.

Tabel 4.35 Rekapitulasi *index of fit* TTR distribusi Weibull

Distribusi Weibull							
<i>i</i>	<i>t<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub> = ln t<sub>i</sub></i>	<i>F(t<sub>i</sub>)</i>	<i>y<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub> * y<sub>i</sub></i>	<i>x<sub>i</sub><sup>2</sup></i>	<i>y<sub>i</sub><sup>2</sup></i>
1	2,50	0,92	0,04	-3,19	-2,93	0,84	10,19
2	2,50	0,92	0,10	-2,27	-2,08	0,84	5,18
3	2,50	0,92	0,16	-1,78	-1,63	0,84	3,17
4	2,50	0,92	0,21	-1,43	-1,31	0,84	2,05
5	2,67	0,98	0,27	-1,16	-1,13	0,96	1,34
6	2,75	1,01	0,33	-0,92	-0,93	1,02	0,85
7	2,75	1,01	0,39	-0,72	-0,73	1,02	0,52
8	2,75	1,01	0,44	-0,54	-0,54	1,02	0,29
9	2,75	1,01	0,50	-0,37	-0,37	1,02	0,13
10	2,83	1,04	0,56	-0,20	-0,21	1,08	0,04
11	2,90	1,06	0,61	-0,05	-0,05	1,13	0,00
12	3,00	1,10	0,67	0,11	0,12	1,21	0,01
13	3,00	1,10	0,73	0,27	0,30	1,21	0,07
14	3,00	1,10	0,79	0,44	0,48	1,21	0,19
15	3,00	1,10	0,84	0,62	0,68	1,21	0,39
16	3,00	1,10	0,90	0,84	0,93	1,21	0,71
17	3,00	1,10	0,96	1,17	1,28	1,21	1,36
<b>153,00</b>	<b>47,40</b>	<b>17,39</b>		<b>-9,18</b>	<b>-8,14</b>	<b>17,87</b>	<b>26,50</b>
<i>Index of Fit</i>						<b>0,934</b>	

Berikut contoh perhitungan *index of fit* TTR untuk distribusi weibull dijelaskan di bawah ini.

$$x_i = \ln t_i = \ln (2,50) = 0,92$$

$$F(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} = \frac{1 - 0,3}{17 + 0,4} = 0,04$$

$$y_i = \ln \left[ -\ln \left[ \frac{1}{1 - F(t_i)} \right] \right] = \ln \left[ -\ln \left[ \frac{1}{1 - (0,04)} \right] \right] = -3,19$$

$$r = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][N \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{17(-8,14) - (17,39)(-9,18)}{\sqrt{[(17 \cdot 17,87) - (17,39)^2][(17 \cdot 26,50) - (-9,18)^2]}} = 0,934$$

Berdasarkan perhitungan distribusi weibull di atas, maka dapat diketahui *index of fit* (r) untuk kerusakan komponen *dies* yaitu sebesar 0,934.

### 5. Rekapitulasi *Index of Fit* untuk TTR

Berdasarkan hasil perhitungan dari *index of fit* kerusakan komponen *dies* untuk masing-masing distribusi, diperoleh nilai 0,817 untuk distribusi eksponensial, 0,932 untuk distribusi normal, 0,930 untuk distribusi lognormal dan 0,934 untuk distribusi weibull. Diantara distribusi tersebut yang terbesar adalah distribusi weibull.

#### 4.2.2.7 Uji *Goodness of Fit Test* untuk *Time to Repair* (TTR)

Setelah memperoleh nilai *index of fit* dan distribusi yang terpilih untuk kerusakan komponen *dies*, selanjutnya dilakukan pengujian terlebih dahulu dalam menyesuaikan datanya. Berikut pengujian-pengujian yang digunakan yaitu:

- Barlett's test*,  $\alpha = 0,05$  untuk menguji distribusi eksponensial
- Kolmogorov-Smirnov test*,  $\alpha = 0,05$  untuk menguji distribusi normal dan lognormal
- Mann's test*,  $\alpha = 0,05$  untuk menguji distribusi weibull

Berdasarkan perhitungan *index of fit*, nilai *index of fit* komponen *dies* berdasarkan perhitungan TTR nilai distribusi terbesar yaitu distribusi weibull, maka uji kesesuaian *Mann's test* yang digunakan.

$H_0$  : Data *Time To Failure* (TTF) berdistribusi Weibull

$H_1$  : Data *Time To Failure* (TTF) tidak berdistribusi Weibull

$\alpha = 0,01$  dan jika  $M_{hitung} < F_{erit}$ , maka  $H_0$  diterima.

$$k_1 = \left\lfloor \frac{r}{2} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{17}{2} \right\rfloor = 8,5$$

$$k_2 = \left\lfloor \frac{r-1}{2} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{17-1}{2} \right\rfloor = 8$$

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

$$Z_1 = \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1-0,5}{17+0,25} \right) \right] = -3,526$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i$$

$$M_1 = Z_{1+1} - Z_1 = -2,397 - (-3,526) = 1,129$$

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} \left[ \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]} = 1,1875$$

$$F_{erit} = F_{(\alpha, 2k_1, 2k_2)} = F_{(0,05; 17; 16)} = 2,3167$$

Karena  $M < F_{erit}$  ( $1,1875 < 2,3167$ ), maka terima  $H_0$ . Hal ini menunjukkan bahwa data TTF komponen *Dies* berdistribusi Weibull. Adapun hasil uji *goodness of fit* untuk data TTF komponen *dies* akan ditampilkan pada Tabel 4.36.

Tabel 4.36 Rekapitulasi uji *goodness of fit* TTR untuk distribusi Weibull

<i>I</i>	$t_i$	$x_i = \ln t_i$	$Z_i$	$M_i$	$\ln t_{(i+1)} - \ln t_i$	$(\ln t_{(i+1)} - \ln t_i) / M_i$	<b>M</b>
1	2,50	0,916	-3,526	1,129	0,000	0,000	1,1875
2	2,50	0,916	-2,397	0,543	0,000	0,000	
3	2,50	0,916	-1,854	0,370	0,000	0,000	
4	2,50	0,916	-1,484	0,287	0,066	0,229	
5	2,67	0,982	-1,196	0,239	0,030	0,123	
6	2,75	1,012	-0,957	0,208	0,000	0,000	
7	2,75	1,012	-0,749	0,188	0,000	0,000	
8	2,75	1,012	-0,561	0,174	0,000	0,000	
9	2,75	1,012	-0,387	0,164	0,029	0,174	
10	2,83	1,040	-0,223	0,159	0,024	0,153	
11	2,90	1,065	-0,064	0,158	0,034	0,215	
12	3,00	1,099	0,094	0,160	0,000	0,000	
13	3,00	1,099	0,254	0,168	0,000	0,000	
14	3,00	1,099	0,423	0,185	0,000	0,000	
15	3,00	1,099	0,608	0,220	0,000	0,000	
16	3,00	1,099	0,828	0,315	0,000	0,000	
17	3,00	1,099	1,143				
<b>Total</b>	<b>47,40</b>	<b>17,39</b>					

#### 4.2.2.8 Pendugaan Parameter dan Perhitungan Nilai *Mean Time to Repair* (MTTR) Komponen *Dies*

Berdasarkan distribusi untuk data TTR komponen *dies* yang terpilih adalah distribusi Weibull. Maka pendugaan parameter yang digunakan adalah  $\beta$  (parameter bentuk) dan  $\theta$  (parameter skala). Berikut merupakan perhitungan parameter  $\beta$  dan  $\theta$ .

$$\beta = b$$

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} = 14,95$$

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

$$a = -15,376$$

$$\theta = e^{-\left(\frac{a}{\beta}\right)} = 2,796$$

Dengan diperolehnya parameter distribusi, maka dapat dilakukan perhitungan MTTR dengan menggunakan formula:

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

$$MTTR = 2,796 \gamma \left(1 + \frac{1}{14,95}\right)$$

$$MTTR = 2,796 \gamma(1,0669)$$

$$MTTR = (2,796)(0,9656) \rightarrow \text{diperoleh dari Tabel Gamma}$$

$$MTTR = 2,699 \text{ jam}$$

Jadi, nilai *Mean Time To Repair* (MTTR) untuk komponen *Dies* adalah 2,699 jam. Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata waktu perbaikan dari komponen *Dies* adalah 2,699 jam.

#### 4.2.2.9 Penentuan Keandalan (*Reliability*) Komponen Berdasarkan Nilai MTTF Tanpa *Planned Maintenance*

Perhitungan keandalan komponen dilakukan untuk mengetahui probabilitas kinerja dari sistem/alat untuk memenuhi fungsi yang diharapkan, berikut perhitungan keandalan komponen *dies* dengan menggunakan persamaan (II.58)

Diketahui:

$$e = 2,718$$

$$t = \text{MTTF} = 289,67 \text{ jam}$$

$$\theta = 320,01$$

$$\beta = 3,91$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, } R(t) &= e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \\ &= 2,718^{-\left[\left(\frac{289,67}{320,01}\right)^{3,91}\right]} = 0,5078 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan pada saat  $t = 289,67$  jam, maka diperoleh perhitungan *reliability*  $R(t)$  tanpa menggunakan *planned maintenance* adalah sebesar 0,5078 atau 50,78%. Nilai keandalan komponen *dies* tersebut masih jauh dibawah nilai keandalan yang diinginkan perusahaan yaitu 90%..

#### 4.2.2.10 Penentuan Interval Pemeliharaan Komponen *Dies*

Berdasarkan perhitungan tingkat keandalan saat ini atau tanpa menggunakan *planned maintenance* didapatkan nilai keandalan yaitu 50,78% dan ingin ditingkatkan

menjadi 90%. Selanjutnya agar komponen *dies* dapat dijadwalkan pemeliharaannya dan tidak mengganggu proses produksi, maka dilakukan interval waktu pemeliharaan.

Berdasarkan beberapa persentase keandalan yang sudah didapatkan, usulan perbaikan yang direkomendasikan kepada perusahaan untuk menentukan jadwal pemeliharaan. Interval pemeliharaan dipilih sesuai dengan keandalan yang ditentukan yaitu 90%. dengan menggunakan cara *trial and error*. Berikut merupakan perhitungan *trial and error* dengan *planned maintenance* dapat dilihat pada Tabel 4.37.

Tabel 4.37 Perhitungan *Trial and Error* dengan *Planned Maintenance*

$t$	$R(t)$	$n$	$t-nT$	$R(T)^n$	$R(t-nT)$	$Rm(t)$
150	0,949	0	150	1,000	0,949	0,949
160	0,935	0	160	1,000	0,935	0,935
170	0,919	0	170	1,000	0,919	0,919
180	0,900	1	0	0,900	1,000	0,900
190	0,878	1	10	0,900	1,000	0,900
195	0,866	1	15	0,900	1,000	0,900
200	0,853	1	20	0,900	1,000	0,900
201	0,850	1	21	0,900	1,000	0,900
208	0,830	1	28	0,900	1,000	0,900
210	0,825	1	30	0,900	1,000	0,900
218	0,800	1	38	0,900	1,000	0,900
245	0,703	1	65	0,900	0,998	0,898
250	0,683	1	70	0,900	0,997	0,897
268	0,606	1	88	0,900	0,994	0,894
275	0,575	1	95	0,900	0,991	0,892
289,67	0,508	1	109,67	0,900	0,985	0,886
300	0,460	1	120	0,900	0,979	0,880
350	0,242	1	170	0,900	0,919	0,827
400	0,092	2	40	0,810	1,000	0,809
500	0,003	2	140	0,810	0,961	0,778
600	0,000	3	60	0,728	0,999	0,727

Perhitungan keandalan komponen *dies* dilakukan dengan cara *trial and error* selama 600 jam untuk mengetahui penurunan keandalan komponen terhadap waktu operasi serta peningkatan keandalan setelah menerapkan *planned maintenance*. Adapun contoh perhitungan keandalan pada adalah sebagai berikut.

- Pada Tabel 4.38 diketahui saat  $t = 180$ ,  $\beta = 3,91$  dan  $\theta = 320,01$

$$\begin{aligned}
 R(t) &= e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta} \\
 &= 2,718^{-\left[\left(\frac{180}{320,01}\right)^{3,91}\right]} = 0,900
 \end{aligned}$$

$$t-nT = 180 - (1 \times 180) \rightarrow (t \text{ dari tabel sebelah kiri, } T \text{ dari waktu pemeliharaan})$$

$$= 0$$

$$R(t)^n = 0,900^1$$

$$= 0,900$$

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

$$= 2,718^{-\left[\left(\frac{0}{320,01}\right)\right]^{3,91}} = 1,00$$

$$R_m(t) = (R(t)^n) \cdot (R(t-nT))$$

$$= 0,900 \cdot 1,00 = 0,900$$

- ❖ Pada Tabel 4.38 dapat diketahui bahwa  $R(t_{170}) = 0,919$  atau 91,9% dan  $R(t_{190}) = 0,900$  atau 90,0%. Untuk mempertahankan keandalan sebesar 90%, selanjutnya dilakukan perhitungan *trial and error* antara  $t_{170}$  dan  $t_{245}$ . Percobaan yang diambil adalah ketika  $t = 180$  jam sehingga pada saat  $T = 180$  jam,  $R(t) = 0,900$  atau 90%. Nilai  $R(T)$  menunjukkan peluang keandalan hingga *planned maintenance* pertama. Jadi, maksud dari  $R(T_{180}) = 90\%$  yaitu perusahaan perlu melakukan *planned maintenance* setiap 180 jam untuk mempertahankan keandalan sebesar 90%.
- ❖  $R(T)^n$  merupakan probabilitas keandalan hingga  $n$  selang waktu pemeliharaan. Setelah didapatkan interval pemeliharaan setiap 180 jam ( $T = 180$ ) maka nilai  $n$  akan berubah dari 0 menjadi 1. Begitu pula dengan setiap kelipatan  $T=180$ , maka  $n$  akan bertambah 1, dan seterusnya. Sehingga  $R(t)^n = R(T_{180})^1 = 0,900$  atau 90%.
- ❖ Peluang keandalan sistem setelah menerapkan *planned maintenance* menggunakan persamaan (II.59)
 
$$R_m(t) = R(T)^n \times R(t - nT)$$

$$R_m(t_{180}) = R(T_{180})^1 \times R((t - nT)180)$$

$$R_m(t_{180}) = 0,900 \times 1 = 0,900 = 90\%$$

#### 4.2.3 Perbandingan Sebelum dan Setelah Penerapan *Total Productive Maintenance*

##### A. Usulan perbaikan pilar *planned maintenance*

Penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM) di perusahaan diterapkan secara bertahap, yaitu penerapan pilar *planned maintenance* terlebih dahulu dan selanjutnya diterapkan pilar *autonomous maintenance*. Pilar *planned maintenance*

menghasilkan interval pemeliharaan untuk Mesin *press* 10 ton. Interval pemeliharaan menunjukkan selang waktu pemeliharaan yang harus dilakukan oleh perusahaan untuk mempertahankan keandalan 90% dan ketidakandalan 10%. Sebelum perusahaan menerapkan *planned maintenance*, keandalan Mesin *press* 10 ton sebagaimana telah dihitung adalah 50,78% dan ketidakandalan 49,22%. Setelah mengetahui keandalan dan ketidakandalan mesin *press* 10 ton, kemudian dapat dilakukan prediksi *downtime* setelah melakukan penerapan *planned maintenance* berdasarkan ketidakandalan dengan asumsi pola penggunaan mesin sebelum dan setelah penerapan TPM sama. Selain itu, jenis *downtime* yang akan di prediksi hanya kategori *breakdown*, karena kategori *breakdown* merupakan jenis *downtime* yang memiliki pengaruh langsung terhadap *planned maintenance*. Data yang digunakan untuk memprediksi *breakdown* merupakan data rata-rata *breakdown* setiap mesin selama kurun waktu 2 tahun. Rata-rata *breakdown* mesin *Press* 10 ton selama 2 tahun terakhir adalah sebesar 121,33 jam. Perhitungan prediksi *downtime* setelah penerapan *planned maintenance* adalah sebagai berikut.

❖ Komponen *dies* mesin *press* 10 ton

Jika ketidakandalan ekuivalen dengan *downtime*, maka:

$$\begin{aligned} \text{Downtime Setelah PM} &= \frac{\text{Ketidakandalan Setelah PM} \times \text{Downtime Sebelum PM}}{\text{Ketidakandalan Sebelum PM}} \\ &= \frac{10\% \times 121,33}{49,22\%} \\ &= 24,65 \text{ jam} \end{aligned}$$

Jika ketidakandalan Mesin *press* 10 ton sebesar 49,22% ekuivalen dengan rata-rata *breakdown* selama 121,33 jam, maka setelah menerapkan *planned maintenance* dengan ketidakandalan 10% akan ekuivalen dengan *breakdown* selama 24,65 jam. Adapun perbandingan *breakdown* saat ini dengan setelah penerapan *planned maintenance* yaitu kondisi saat ini 121,33 jam dan kondisi setelah menerapkan *planned maintenance* 24,65 jam dengan selisih 96,68 jam. Apabila penjadwalan pemeliharaan komponen ini dilakukan secara rutin yaitu setiap 180 jam setelah beroperasi atau setara dengan 25 hari kerja, karena perusahaan dalam 1 hari hanya melakukan 7 jam kerja maka akan mengurangi *downtime* untuk pemeliharaan komponen *dies* yaitu dari 50,73 jam berdasarkan frekuensi 19 kali kerusakan dan waktu pemeliharaan 2,67 jam menjadi 21,75 jam berdasarkan frekuensi 29 kali kerusakan dan waktu pemeliharaan 0,75 jam berdasarkan prosedur pemeliharaan dari perusahaan. Hal tersebut dapat

meningkatkan nilai *availability* dan OEE. Adapun contoh perhitungan *availability* bulan januari 2018 adalah sebagai berikut.

$$Availability = \frac{Loading\ Time - Breakdown\ and\ Setup\ Losses}{Loading\ Time} \times 100\%$$

$$Availability = \frac{182 - 21,50 - 0}{182} \times 100\% = 88,19\%$$

Hasil perhitungan *availability* yang telah dilakukan, selanjutnya direkapitulasi secara keseluruhan yang dapat dilihat pada Tabel 4.38.

Tabel 4.38 Rekapitulasi nilai *availability* setelah perbaikan

Tahun	Bulan	Jumlah Hari	Jam kerja	Loading time (Jam)	Break down (Jam)	Setup and Adjustment (Jam)	Availability (%)
2018	Januari	26	7	182	21,50	0	88,19%
	Februari	23	7	161	6,00	0	96,27%
	Maret	26	7	182	0,75	1,3	98,87%
	April	24	7	168	6,00	0	96,43%
	Mei	24	7	168	23,00	0	86,31%
	Juni	23	7	161	0,75	0	99,53%
	Juli	26	7	182	4,25	1,2	97,01%
	Agustus	25	7	175	19,90	0	88,63%
	September	23	7	161	7,00	0	95,65%
	Oktober	27	7	189	4,25	0,5	97,49%
	November	24	7	168	5,75	1,7	95,57%
	Desember	24	7	168	8,75	1,2	94,08%
2019	Januari	26	7	182	6,00	0	96,70%
	Februari	23	7	161	10,67	0,5	93,06%
	Maret	25	7	175	25,00	0	85,71%
	April	23	7	161	4,25	0	97,36%
	Mei	25	7	175	0,75	1,35	98,80%
	Juni	19	7	133	14,00	0	89,47%
	Juli	27	7	189	6,75	0	96,43%
	Agustus	27	7	189	0,75	1,38	98,87%
	September	25	7	175	14,00	0	92,00%
	Oktober	27	7	189	4,25	0,55	97,46%
	November	26	7	182	6,75	0	96,29%
	Desember	26	7	182	9,75	0	94,64%

Hasil dari perbaikan dapat meningkatkan nilai *availability* yaitu dari 93,85 % menjadi 94,62%. Berdasarkan peningkatan nilai *availability* maka nilai OEE juga mengalami peningkatan dari sebelumnya 84,52% menjadi 85,21 %. Berikut merupakan rekapitulasi nilai OEE sebelum perbaikan dan setelah perbaikan ditunjukkan pada Tabel 4.39.

Tabel 4.39 Nilai OEE perbaikan (pilar *planned maintenance*)

Kondisi	Availability (%)	Performance Efficiency (%)	Quality Rate (%)	OEE (%)
Saat ini	93,85%	99,76%	90,29%	84,52%
Usulan	94.62%	99.76%	90.29%	85.21%

## B. Usulan perbaikan pilar *autonomous maintenance*

Setelah menerapkan *planned maintenance*, maka langkah selanjutnya adalah penerapan pilar *autonomous maintenance*. Berdasarkan rekomendasi yang telah dipilih untuk dilakukan perbaikan yaitu membuat instruksi pemeliharaan dalam proses produksi agar operator secara rutin melakukan inspeksi terhadap komponen yang sering rusak dan melakukan instruksi produksi terhadap operator agar tidak tergesa-gesa dalam bekerja diharapkan dapat mengurangi *downtime* dalam jangka waktu yang lama serta memperbaiki budaya perusahaan untuk selalu menjaga dan mengutamakan performansi perusahaan dengan melibatkan seluruh karyawan, mulai dari *top management* hingga karyawan di lantai produksi. Seperti kerusakan komponen *dies* yang tumpul, jika dilakukan instruksi pemeliharaan serta operator tidak tergesa-gesa diharapkan komponen tersebut tidak cepat rusak sehingga interval kerusakan menurun.

Komponen yang susah untuk diperbaiki secara mandiri akan menghambat waktu perbaikan karena perlu perusahaan rekanan untuk memperbaikinya. Seperti komponen motor DC yang mengalami *downtime* karena harus mengirimkan mesin ke perusahaan rekanan (tempat *service*) dan mengembalikannya ke perusahaan membutuhkan waktu yang lama dengan rata-rata *downtime* 2 tahun terakhir yaitu 11,75 jam dalam 1 kali perbaikan. Apabila operator yang memperbaiki datang ke perusahaan, maka akan lebih mempersingkat waktu dan *downtime* yang terjadi hanya untuk perbaikan yaitu kurang lebih 5 jam. Waktu yang berkurang akan meningkatkan nilai *availability* dan meningkatkan OEE di bulan Januari, Mei, Agustus, Desember tahun 2018 dan bulan Maret, Juni, September, Desember tahun 2019. Adapun contoh perhitungan *availability* bulan Januari 2018 adalah sebagai berikut.

$$Availability = \frac{Loading\ Time - Breakdown\ and\ Setup\ Losses}{Loading\ Time} \times 100\%$$

$$Availability = \frac{182 - 18,75 - 0}{182} \times 100\% = 89,70\%$$

Nilai *breakdown and setup losses* didapat dari nilai *breakdown and setup losses* yang awal 23,75 jam dikurangi waktu perbaikan komponen motor DC bulan Januari

yairu 5 jam sehingga diperoleh nilai *breakdown and setup losses* usulan yaitu 18,75 jam. Hasil perhitungan *availability* yang telah dilakukan, selanjutnya direkapitulasi secara keseluruhan yang dapat dilihat pada Tabel 4.40.

Tabel 4.40 Rekapitulasi nilai *availability* setelah perbaikan

Tahun	Bulan	Jumlah Hari	Jam kerja	Loading time (Jam)	Break down (Jam)	Setup and Adjustment (Jam)	Availa bility (%)
2018	Januari	26	7	182	18,75	0	89,70%
	Mei	24	7	168	11	0	93,45%
	Agustus	25	7	175	10,15	0	94,20%
	Desember	24	7	168	8	1,2	94,52%
2019	Maret	25	7	175	13,15	0	92,49%
	Juni	19	7	133	13	0	90,23%
	September	25	7	175	13	0	92,57%
	Desember	26	7	182	8,2	0	95,49%

Hasil dari perbaikan dapat meningkatkan nilai *availability* yaitu dari 93,85 % menjadi 95,16%. Berdasarkan peningkatan nilai *availability* maka nilai OEE juga mengalami peningkatan dari sebelumnya 84,52% menjadi 85,71 %. Berikut merupakan rekapitulasi nilai OEE sebelum perbaikan dan setelah perbaikan ditunjukkan pada Tabel 4.41.

Tabel 4.41 Nilai OEE perbaikan (pilar *autonomous maintenance*)

Kondisi	Availability (%)	Performance Efficiency (%)	Quality Rate (%)	OEE (%)
Saat ini	93,85%	99,76%	90,29%	84,52%
Usulan	95,16%	99,76%	90,29%	85,71%

### C. Usulan perbaikan gabungan

Penerapan usulan perbaikan menggunakan pilar *autonomous maintenance* dan *planned maintenance* dapat digabungkan, sehingga nilai *availability* dan nilai OEE menjadi lebih meningkat. Adapun contoh perhitungan *availability* bulan januari 2018 adalah sebagai berikut.

$$Availability = \frac{Loading\ Time - Breakdown\ and\ Setup\ Losses}{Loading\ Time} \times 100\%$$

$$Availability = \frac{182 - 18,75 - 0}{182} \times 100\% = 89,70\%$$

Hasil perhitungan *availability* yang telah dilakukan, selanjutnya direkapitulasi secara keseluruhan yang dapat dilihat pada Tabel 4.42.

Tabel 4.42 Rekapitulasi nilai *availability* setelah perbaikan

Tahun	Bulan	Jumlah Hari	Jam kerja	Loading time (Jam)	Break down (Jam)	Setup and Adjustment (Jam)	Availability (%)
2018	Januari	26	7	182	16.50	0	90.93%
	Februari	23	7	161	6.00	0	96.27%
	Maret	26	7	182	0.75	1.3	98.87%
	April	24	7	168	6.00	0	96.43%
	Mei	24	7	168	10.00	0	94.05%
	Juni	23	7	161	0.75	0	99.53%
	Juli	26	7	182	4.25	1.2	97.01%
	Agustus	25	7	175	10.90	0	93.77%
	September	23	7	161	7.00	0	95.65%
	Oktober	27	7	189	4.25	0.5	97.49%
	November	24	7	168	5.75	1.7	95.57%
	Desember	24	7	168	5.75	1.2	95.86%
2019	Januari	26	7	182	6.00	0	96.70%
	Februari	23	7	161	10.67	0.5	93.06%
	Maret	25	7	175	11.00	0	93.71%
	April	23	7	161	4.25	0	97.36%
	Mei	25	7	175	0.75	1.35	98.80%
	Juni	19	7	133	11.00	0	91.73%
	Juli	27	7	189	6.75	0	96.43%
	Agustus	27	7	189	0.75	1.38	98.87%
	September	25	7	175	11.00	0	93.71%
	Oktober	27	7	189	4.25	0.55	97.46%
	November	26	7	182	6.75	0	96.29%
	Desember	26	7	182	5.75	0	96.84%

Hasil dari perbaikan dapat meningkatkan nilai *availability* yaitu dari 93,85 % menjadi 95,93%. Berdasarkan peningkatan nilai *availability* maka nilai OEE juga mengalami peningkatan dari sebelumnya 84,52% menjadi 86,41 %. Berikut merupakan rekapitulasi nilai OEE sebelum perbaikan dan setelah perbaikan ditunjukkan pada Tabel 4.43.

Tabel 4.43 Nilai OEE perbaikan (gabungan)

Kondisi	Availability (%)	Performance Efficiency (%)	Quality Rate (%)	OEE (%)
Saat ini	93,85%	99,76%	90,29%	84,52%
Usulan	95.93%	99.76%	90.29%	86.41%

