BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan terdiri data umum perusahaan dan data yang ditujukan dalam penyelesaian permasalahan sesuai topik Tugas Akhir ini. Pengumpulan data yang dilakukan adalah data primer melalui wawancara dan observasi secara langsung kepada pihak yang terkait dan data sekunder yang dimiliki PT X dalam bentuk dokumen.

4.1.1 Data Umum Perusahaan

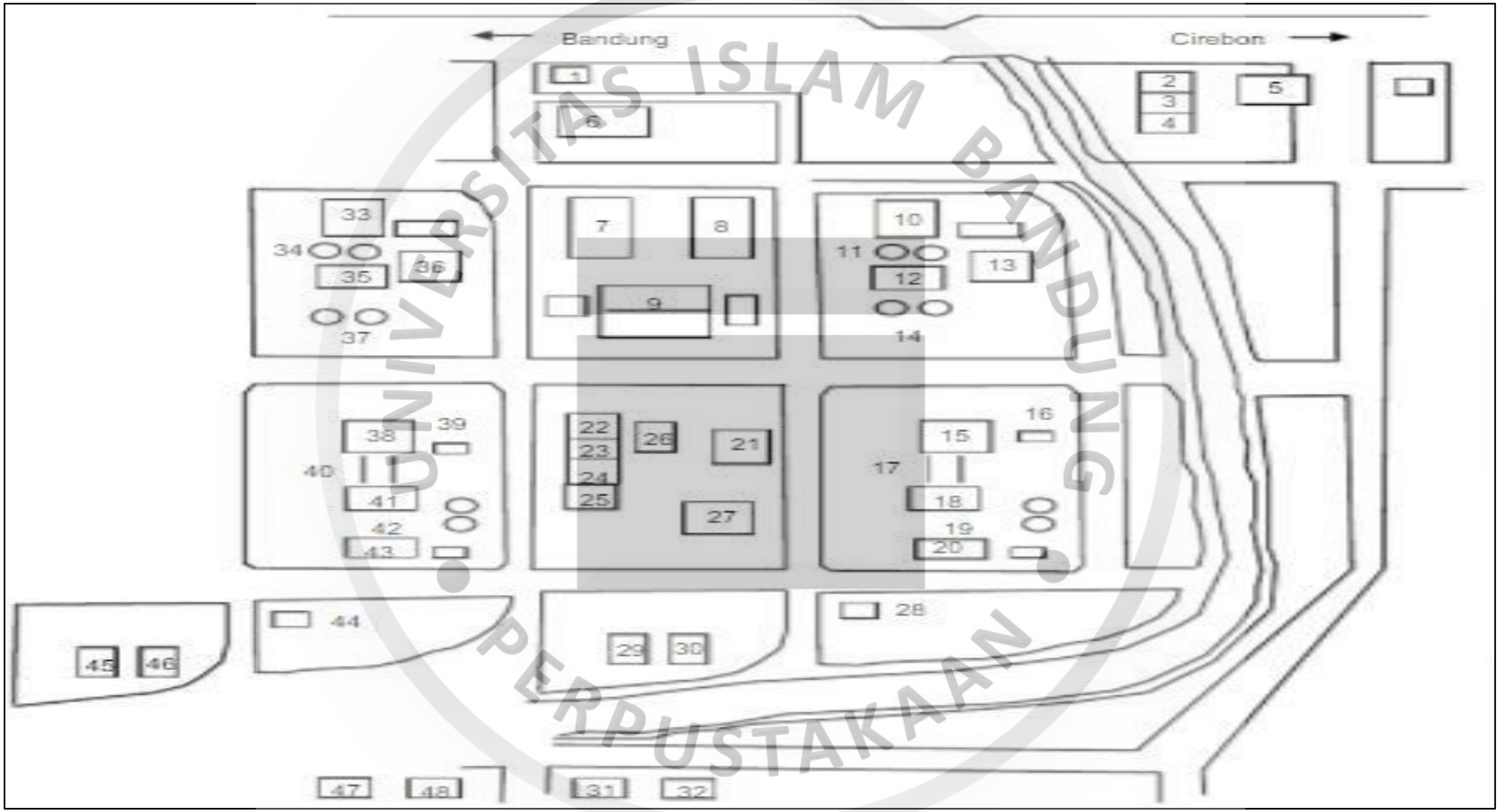
Data umum perusahaan meliputi profil perusahaan, tata letak pabrik dan perkantoran, struktur organisasi, proses bisnis yang dilakukan oleh PT X, jenis produk yang dihasilkan, proses produksi semen, dan waktu kerja operasional PT X.

4.1.1.1 Profil Perusahaan

PT X merupakan perusahaan milik swasta yang beroperasi secara resmi pada Agustus 1975 dan mendirikan pabrik pada tahun 1991 di Palimanan, Cirebon, Jawa Barat. Hingga saat ini, PT X telah menjadi salah satu produsen semen terbesar di Indonesia. Kegiatan usaha utama PT X bergerak pada bidang manufaktur semen dan bahan bangunan, penambangan, konstruksi dan perdagangan.

4.1.1.2 Tata Letak Pabrik dan Perkantoran

Lokasi perusahaan PT X terletak di Desa Palimanan Barat, Kecamatan Gempol, Kabupaten Cirebon dengan luas area 588 ha. Tata letak pabrik PT X dapat dilihat pada Gambar 4.1 beserta keterangan berdasarkan tata letak tersebut disajikan pada Tabel 4.1.



Gambar 4.1 Tata letak pabrik dan perkantoran

Sumber: PT X

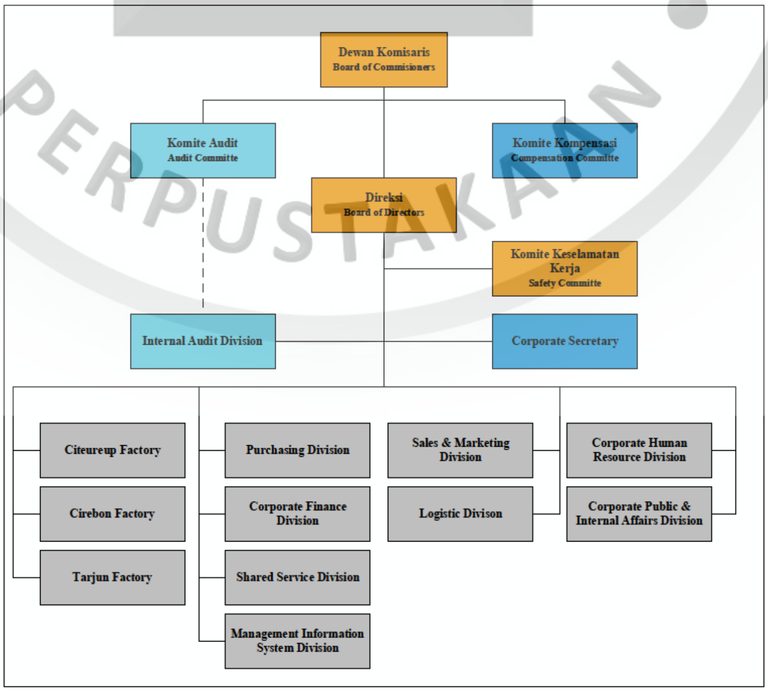
Keterangan:

Tabel 4.1 Keterangan tata letak pabrik PT X

No	Keterangan	No	Keterangan	No	Keterangan
1	Pos Satpam 1	17	*Kiln* P10	33	Pengepakan P9
2	GSG	18	RSP P10	34	Cement Silo P9
3	Koperasi	19	Homo Silo P10	35	Gypsum Storage P9
4	Kantin	20	Raw Mill P10	36	Cement Mill P9
5	Tempat Parkir	21	CCR P10	37	*Clinker* Silo P9
6	Main Office Building	22	Water Treatment	38	*Cooler* P9
7	Packing Office	23	TSD	39	EP P9
8	Loading Cement	24	Electrical Dept.	40	*Kiln* P9
9	Paper Bag Housing	25	Supply Dept.	41	RSP P9
10	Pengepakan P10	26	Mechanical Dept.	42	Homo Silo P9
11	Cement Silo P10	27	Coal Mill P10	43	Raw Mill P9
12	Gypsum Storage P10	28	*Hopper* P10	44	*Hopper* P9
13	Cement Mill p10	29	Limestone Storage P10	45	Limestone Storage P9
14	Klinker Silo p10	30	Aditif Storage P10	46	Aditif Storage P9
15	*Cooler* P10	31	Limestone Crusher P10	47	Limestone crusher P9
16	EP P10	32	Crusher aditif	48	Crusher Aditif P9

4.1.1.3 Struktur Organisasi

Struktur organisasi manajemen PT X secara keseluruhan, serta tatanan tanggung jawab yang ditampilkan pada Gambar 4.2



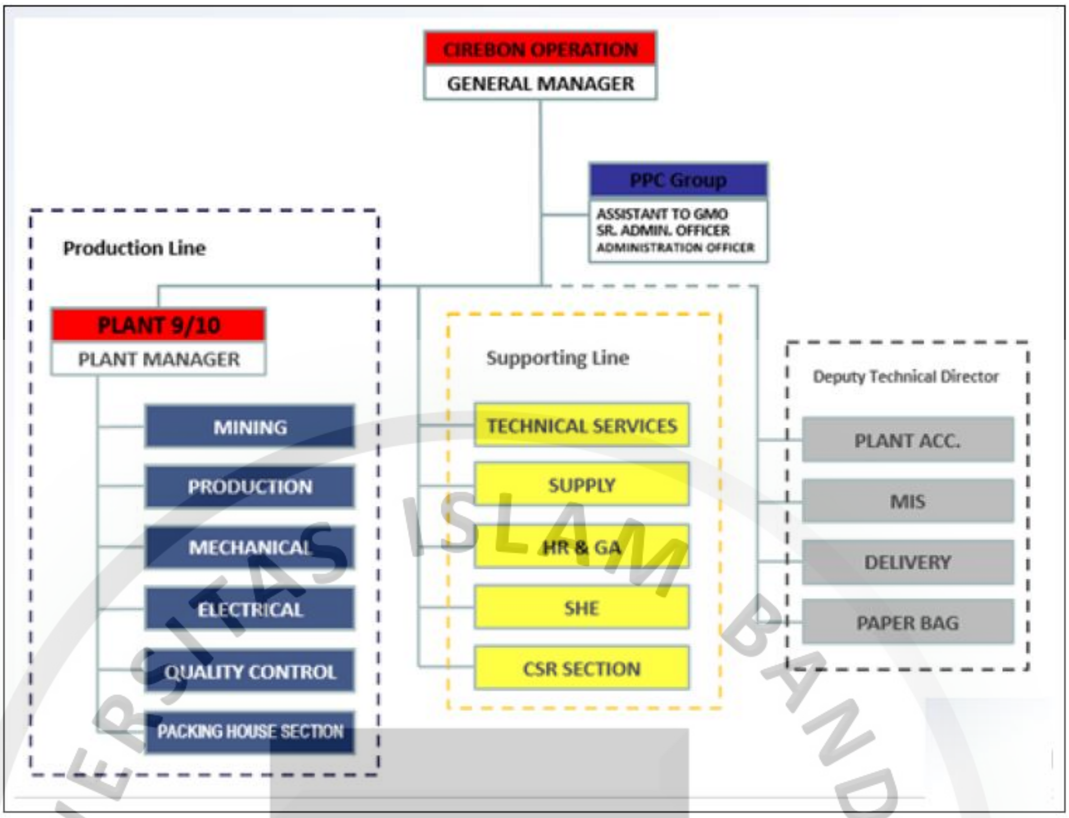
Gambar 4.2 Struktur manejemen PT X

Tugas dan tanggung jawab dewan komisaris dalam anggaran dasar antara lain adalah melakukan pengawasan atas operasi perusahaan, pengurusan perusahaan dan kegiatan usaha perseroan serta melakukan pengawasan, memberikan nasihat, dan rekomendasi kepada direksi untuk kepentingan perusahaan. Tugas dan tanggung jawab direksi dalam anggaran dasar antara lain tanggung jawab terhadap tujuan perusahaan. Setiap saat direksi harus bertindak untuk kepentingan perusahaan dan mempertimbangkan berbagai risiko yang relevan.

Komite keselamatan kerja dibentuk sebagai perwujudan komitmen perseroan dalam manajemen keselamatan kerja dengan tujuan utama untuk mendukung pelaksanaan kesehatan dan keselamatan kerja dalam semua kegiatan perusahan. Komite audit dibentuk dengan tujuan utama untuk membantu dewan komisaris dalam melaksanakan tanggung jawab pengawasan atas proses pelaporan keuangan, sistem pengendalian internal, proses audit, implementasi *Good Corporate Governance* (GCG) dan proses pemantauan kepatuhan terhadap hukum dan peraturan di perusahaan. Komite audit bertanggung jawab kepada dewan komisaris dan menjalankan fungsi sesuai dengan peraturan dan instruksi yang diterima dari dewan komisaris. Komite kompensasi bertujuan untuk melaksanakan tanggung jawab dewan komisaris berkaitan dengan remunerasi dan pelaksana bagi anggota direksi dan dewan komisaris di perusahaan.

Sekretaris perusahaan adalah perseorangan atau penanggung jawab dari unit kerja yang menjalankan fungsi sekretaris perusahaan, yang mempunyai tugas pokok untuk menjembatani komunikasi antara perusahaan dan masyarakat serta menjaga keterbukaan informasi. Sekretaris perusahaan juga bertanggung jawab dalam memastikan perusahaan telah memenuhi prinsip-prinsip *Good Corporate Governance* (GCG) serta semua peraturan perundang-undangan yang berlaku saat ini. Internal audit adalah suatu kegiatan pemberian keyakinan *(assurance)* dan konsultasi yang bersifat independen dan objektif dengan tujuan untuk meningkatkan nilai dan memperbaiki operasional perusahaan, melalui pendekatan yang sistematis, dengan cara mengevaluasi dan meningkatkan efektivitas manajemen risiko, pengendalian, dan proses tata kelola perusahaan.

PT X memiliki tiga tempat pabrik yaitu pabrik Citeureup Bogor, pabrik Palimanan Cirebon, Jawa Barat dan pabrik Tarjun, Kalimantan Selatan. Penelitian ini dilakukan di pabrik Cirebon. Struktur organisasi PT X di Cirebon dalam melaksanakan kegiatan operasional disusun secara teratur yang dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Struktur operasional PT X

Sumber: PT X

Berdasarkan struktur organisasi yang diterapkan di PT X menerapkan bentuk struktur organisasi lini dan staf. Di mana pelimpahan wewenang berlangsung secara vertikal dan sepenuhnya dari pucuk pimpinan ke kepala dibawahnya serta dibantu dengan staf yang ada. *General Manager Operation* (GMO) merupakan manajemen bawah di PT X yang bertugas memantau dan mengawasi jalannya produktivitas perusahaan yang bagian ini bertempat di Cirebon dengan dibantu oleh PPC grup sebagai asisten GMO dan administrasi.

GMO membawahi dua lini, yaitu lini produksi dan lini *supporting*. Lini produksi bertanggung jawab dalam pelaksanaan produksi dari bahan mentah hingga produk jadi. Sedangkan lini *supporting* bertanggung jawab sebagai penunjang jalannya produksi agar proses produksi dapat dilaksanakan. Adapun penunjang produksi lain yaitu berasal dari manajemen tingkat tengah yaitu *Deputy Technical Director* yang bertanggungjawab dalam koordinasi pelayanan perencanaan produksi, koordinasi perencanaan pemeliharaan, koordinasi SDM, penyediaan kantong semen, pelayanan pengeluaran semen, dan pengembangan.

Production Line terdiri dari *Mining Department, Production Department, Mechanical Department, Electrical Department, Quality Control Department,* *Packing House Section*. Sedangkan pada *Supporting Line* terdiri dari *Technical Service Department*, *Supply Department*, HR & GA *Department*, SHE *(Safety, Healt, and Environment) Department*, dan CSR *Section*. Adapun dibawah *Deputy Technical Director* terdiri dari *Plant Acc*, MIS, *Delivery*, dan *Paper Bag*. Penjelasan dari setiap departement yang ada di PT X adalah sebagai berikut:

1. *Production Line*

Production Line merupakan struktur organsisai yang berkaitan langsung dengan proses produksi pembuatan semen. Adapun departemen-departemen tersebut antara lain:

a. *Mining Department*

Departemen tersebut bertanggung jawab dalam penyediaan bahan baku dari areal penambangan hingga disimpan di *storage*.

b. *Production Department*

Departemen tersebut bertanggung jawab atas jalannya proses produksi, mulai dari persiapan bahan baku hingga menjadi semen melalui tahapan *raw mill*, *kiln*, dan *cement mill*.

c. *Mechanical Department*

Departemen tersebut bertanggung jawab dalam pemeliharaan dan perbaikan mesin-mesin agar dapat beroperasi dengan baik.

d. *Electrical Department*

Departemen tersebut bertanggung jawab mengatur sup*ply* listrik yang digunakan oleh perusahaan.

e. *Quality Control Department*

Departemen tersebut bertanggung jawab dalam pengecekan dan pengendalian kualitas material dan produk semen yang dihasilkan.

f. *Packaging House Section*

Section ini bertanggung jawab dalam pengepakan semen pada kantong semen.

2. *Supporting Line.*

a. *Technical Service Department*

Departemen tersebut bertanggung jawab dalam fasilitas pabrik dan perkantoran.

b. *Supply Department*

Departemen tersebut bertanggung jawab menyediakan barang-barang operasional yang dibutuhkan oleh seluruh bagian perusahaan, mulai dari ATK, APD, bahan baku semen, bahan bakar, komponen-komponen mesin, dan lain sebagainya.

c. *HR & GA (Human Resource & General Affairs) Department*

Departemen tersebut bertanggung jawab mengelola hubungan personalia, *recruitment*, *training/development*, dan lain-lain.

d. *SHE (Safety, Healt, and Environment) Department*

Departemen tersebut bertanggung jawab atas sistem manajemen kesehatan dan keselamatan kerja (SMK3) di dalam perusahaan.

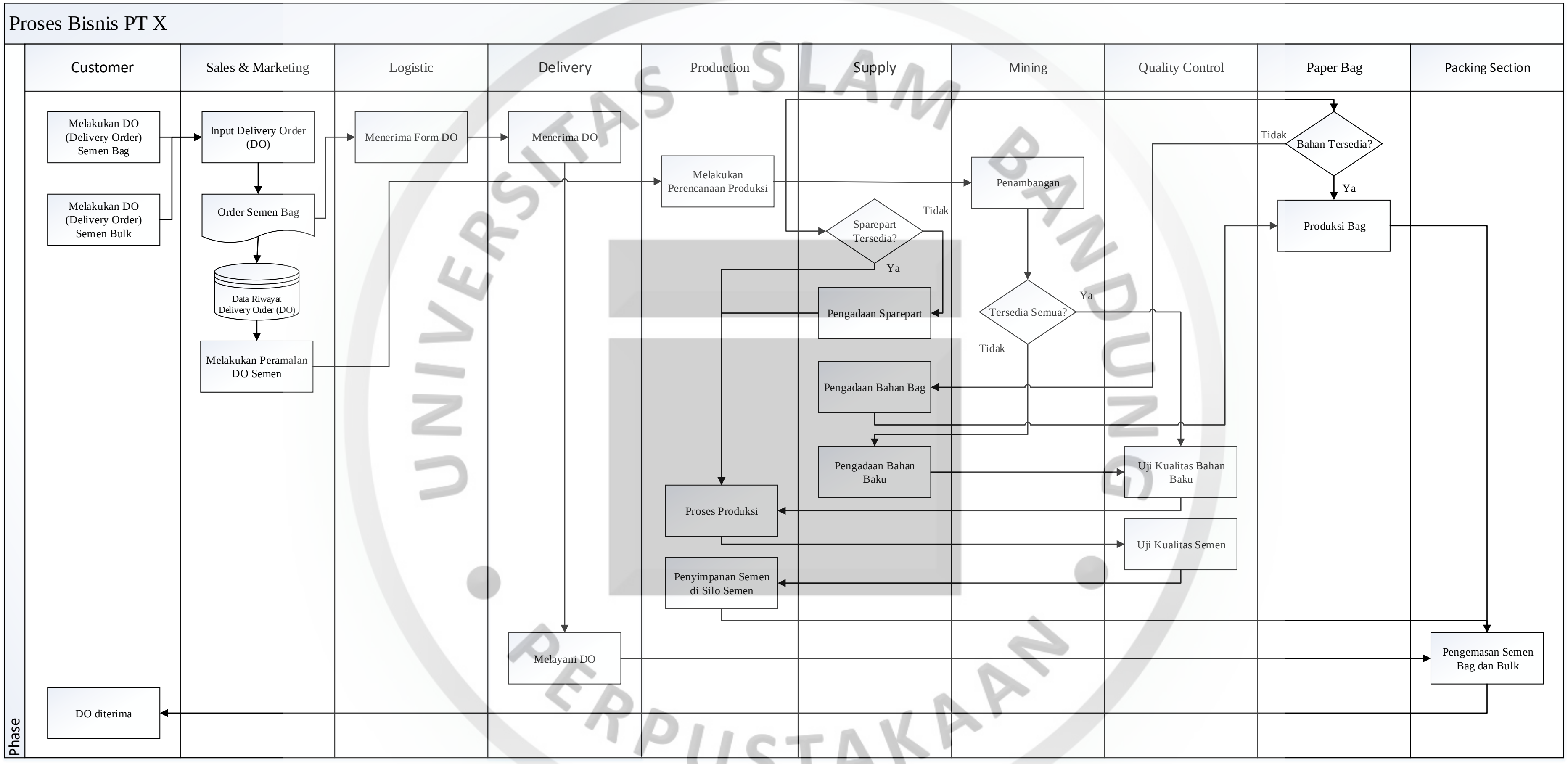
e. *CSR Section*

Perusahaan memiliki tanggung jawab moral dan sosial dalam mendukung kualitas kesejahteraan masyarakat, sehingga masyarakat dapat merasakan manfaat dari kehadiran perusahaan di lingkungannya.

4.1.1.4 Proses Bisnis

Proses bisnis menggambarkan aktivitas terstruktur yang saling terkait untuk mencapai tujuan PT X. Bisnis yang terjalin dengan PT X adalah *Business to Business* (B2B), karena yang menjadi pelanggan perusahaan ini adalah organisasi atau perusahaan. Dengan kata lain pemasaran yang dilakukan oleh PT X mengacu pada aktivitas pemasaran yang menyangkut hubungan antara dua perusahaan atau lebih. Proses bisnis yang dilakukan dalam pembelian produk semen di PT X ditunjukkan pada Gambar 4.4.

Konsumen dapat membeli semen dengan dua cara, yaitu dengan *Delivery Order* (DO) kantong semen *(bag)* atau bulk menggunakan mobil truk bulk. DO tersebut diterima oleh *Sales & Marketing* untuk mencetak form DO dan diterima oleh logistik. Selain itu *Sales & Marketing* bertanggung jawab dalam menentukan kuantitas jumlah semen yang harus diproduksi untuk memenuhi permintaan konsumen. Logistik bertujuan untuk menyediakan alat transportasi untuk mengantarkan pesanan yang telah dibuat ke alamat yang dituju. *Form* DO diterima oleh logistik dan diserahkan kepada *Delivery* untuk melayani pesanan yang telah dibuat.

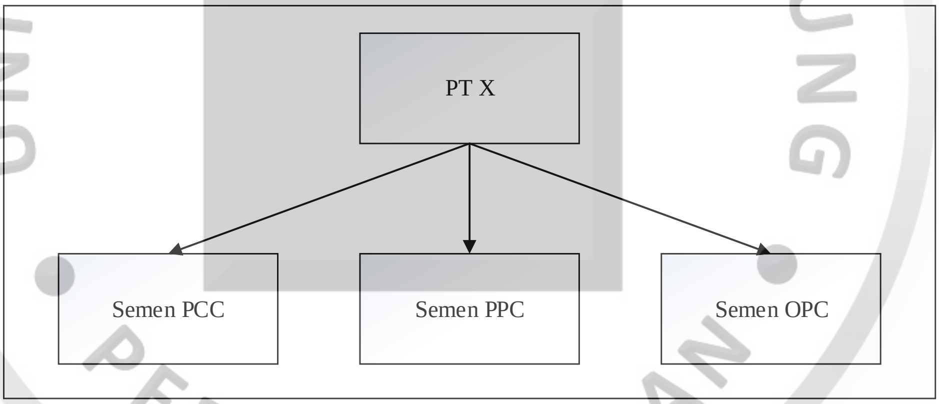


Gambar 4.4 Proses bisnis PT X

PT X dalam menjalakan bisnis menggunakan strategi *Make to Stock*. Stok dibuat berdasarkan perencanaan produksi berdasarkan data permintaan lampau. Perencanaan tersebut menggunakan metode peramalan dan hasil ramalan tersebut menjadi target proses produksi. Perencanaan tersebut mempengaruhi kegiatan di *mining* dan *paper bag* untuk mendukung tercapainya target produksi. Bahan baku, *sparepart*, dan bahan untuk pembuatan kantong semen yang kurang atau tidak tersedia akan dilakukan pengadaan oleh pihak *Supply*. Hasil penambangan dan pembelian bahan baku diuji oleh *Quality Control (QC)* agar bahan baku sesuai spesifikasi. Bahan baku tersebut menjadi masukan pada saat proses produksi. Proses produksi terdiri dari unit *raw mill* (pengeringan dan penggilingan), unit *kiln* (pembakaran da pendinginan), dan unit *finish mill* (penggilingan akhir) hingga menjadi stok semen yang disimpan dalam silo semen.

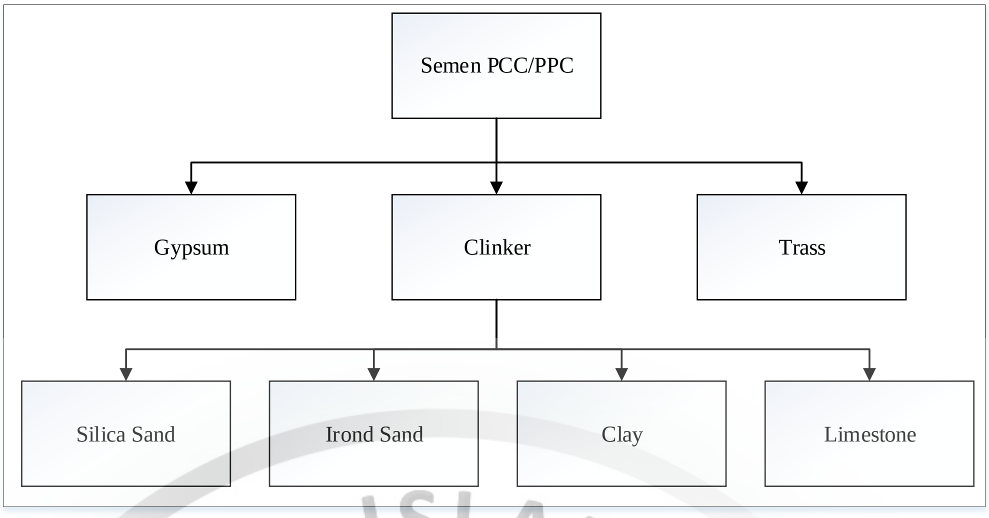
4.1.1.5 Jenis Produk Semen

PT X bergerak pada bidang manufaktur semen dengan merek dagang "X". Jenis produk semen yang diproduksi ditunjukkan pada Gambar 4.5.



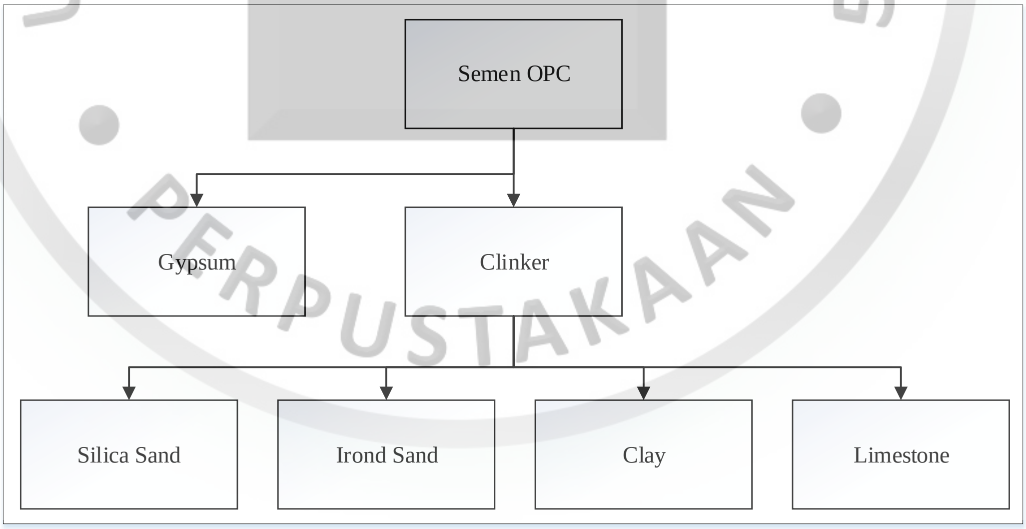
Gambar 4 5 Jenis produk semen PT X

Semen PPC dan PCC merupakan semen yang digunakan untuk bahan bangunan perumahan dan merupakan produk utama yang dihasilkan untuk memenuhi kebutuhan semen nasional. Semen PPC dan PCC adalah hasil campuran antara semen OPC ditambah dengan bahan aditif yaitu *trass*. Kandungan *trass* dalam PPC sebesar 26%, sedangkan PCC sebesar 30% dari *clinker*. Komposisi *gypsum* dalam membentuk semen PPC dan PCC sebesar 3%. Berikut struktur bahan (*Bill of Material*) yang digunakan dalam semen PPC dan PCC ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 *Bill of material* semen PPC dan PCC

Semen OPC merupakan semen yang digunakan secara luas untuk konstruksi umum, seperti gedung-gedung bertingkat, jembatan, landasan pacu, dan berbagai aplikasi beton lainnya. Proses produksi OPC pada umumnya sama dengan proses produksi PCC dan PPC. Perbedaannya OPC dibuat dari campuran antara *clinker* dan *gypsum* serta tanpa *trass*. Jika dilihat dari segi kualitas, OPC lebih baik daripada PCC dan PPC karena tidak ada bahan *additive*. Berikut struktur bahan (*Bill of Material*) yang digunakan dalam semen OPC ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 *Bill of material* semen OPC

Komposisi material yang digunakan dalam pembuatan semen PPC, PCC, dan OPC disajikan pada Tabel 4.2.

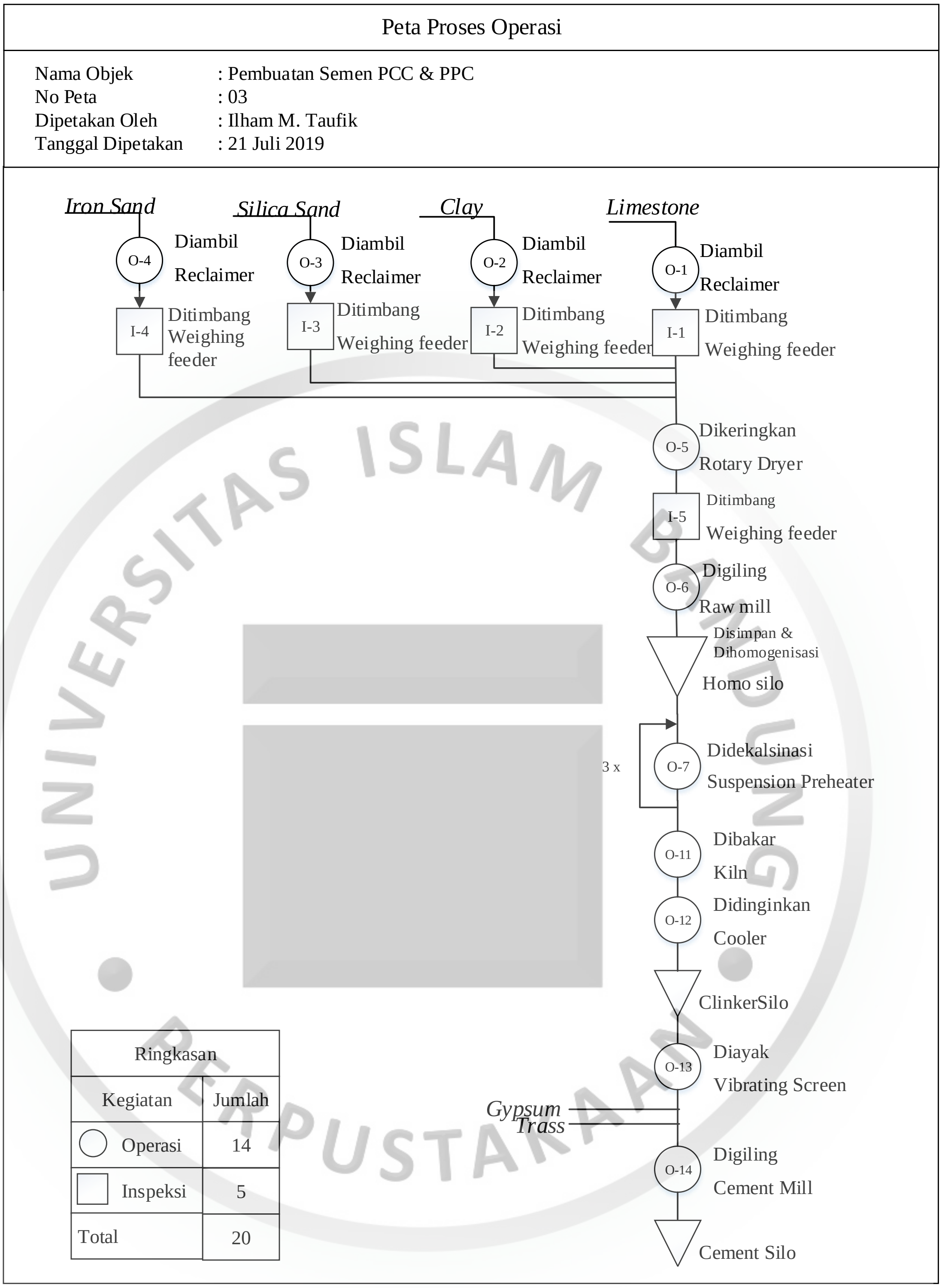
Tabel 4.2 Komposisi material semen

Material	Komposisi (%massa)	
	Minimal	Maksimal
Limestone	85	90
Clay	8	10
Irond sand	1	2
Silica sand	3	5
Gypsum	3	-
Trass	-	30

4.1.1.6 Proses Produksi Semen

Proses produksi semen PPC, PCC, dan OPC bersifat continuous production, karena proses produksi berlangsung secara terus menerus tanpa berhenti dengan urutan produksi yang pasti dan tidak berubah-ubah dari waktu ke waktu. Umumnya industri ini memiliki karakteristik yaitu output yang direncanakan dalam jumlah besar, variasi atau jenis produk yang dihasilkan rendah. Peta proses operasi pada produk PCC dan PPC yang sama dikarenakan proses produksinya yang sama hanya saja perbedaan dalam komposisi penggunaan trass yang ditujunjukkan pada Gambar 4.8.

Bahan baku diambil dari masing-masing penyimpanan menggunakan reclaimer dan dilakukan proses penimbangan *(weighing)* menggunakan *weighing feeder*. Setelah mengalami proses penimbangan maka material tersebut dialirkan ke *rotary dryer* untuk dikeringkan. Proses pengeringan ini bertujuan untuk menghilangkan kadar air hingga 1%. Adanya putaran dan kemiringan *rotary dryer* menyebabkan material akan berjalan sesuai dengan kecepatan yang telah ditentukan dan disepanjang ini akan terjadi proses pengeringan. Hasil pengeringan tersebut ditransportasikan dan ditimbang kembali menggunakan *weighing feeder* hingga menuju *raw mill* untuk digiling. Tujuan dilakukan proses penggilingan adalah untuk menghasilkan material halus dengan diameter rata-rata kurang dari 90 μm. Hasil dari proses tersebut menghasilkan bahan setengah jadi yang disebut *raw meal* dan disimpan di *Homogenezing Silo* agar *raw meal* tersebut homogen.

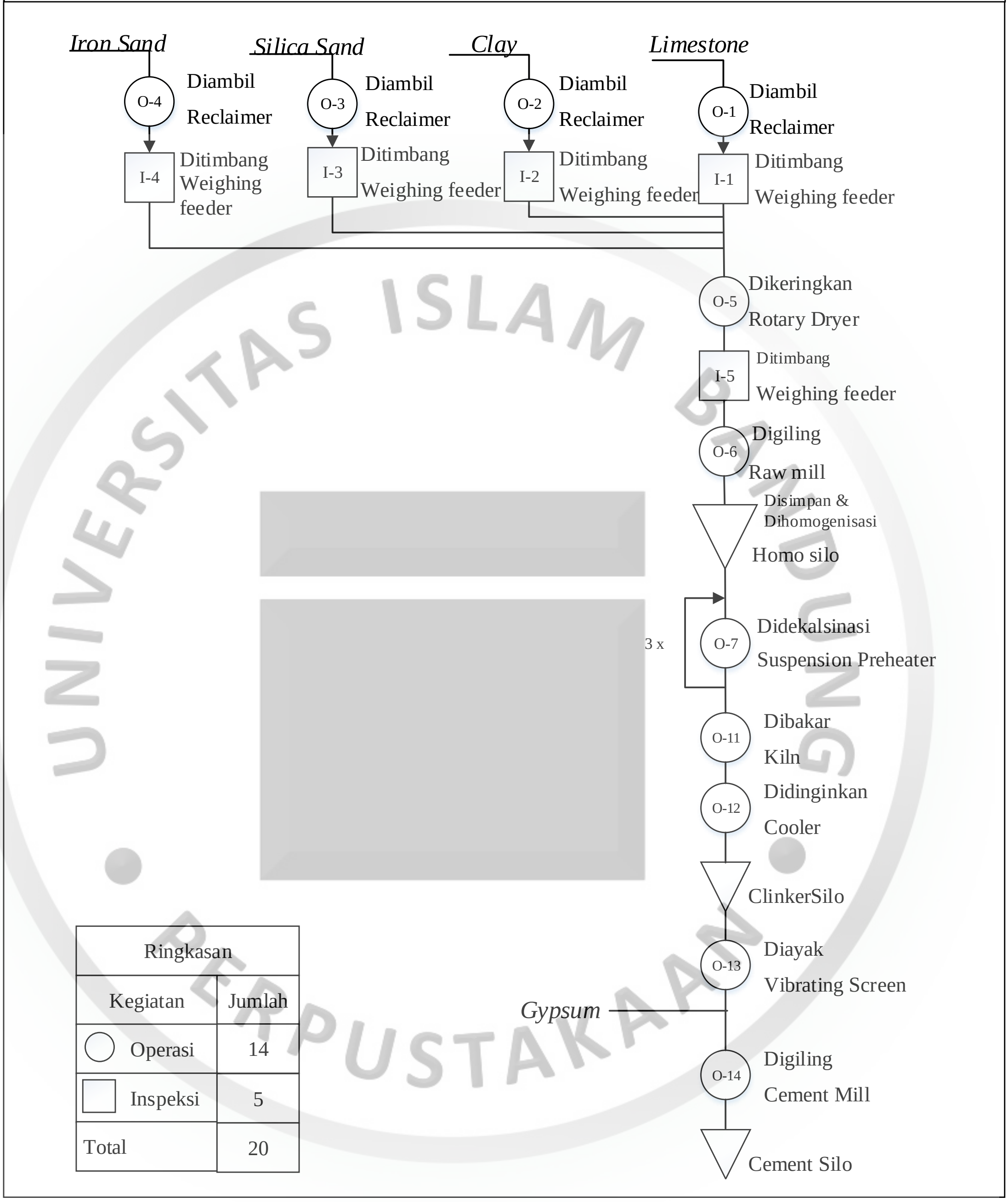


Gambar 4.8 Peta proses operasi semen PPC dan PCC

Jenis produk semen OPC perbedaan yang dimiliki adalah tanpa penggunaan *trass* yang ditunjukkan pada peta proses operasi pembuatan semen OPC ditampilkan pada Gambar 4.9.

Peta Proses Operasi

Nama Objek : Pembuatan Semen OPC
No Peta : 03
Dipetakan Oleh : Ilham M. Taufik
Tanggal Dipetakan : 21 Juli 2019



Ringkasan	
Kegiatan	Jumlah
Operasi	14
Inspeksi	5
Total	20

Gambar 4.9 Peta proses operasi semen OPC

Tahapan selanjutnya dari proses pembuatan semen adalah proses pembakaran *(burning)*. Proses pemanasan awal material dilakukan di *Suspension Preheater* (SP) dengan menggunakan gas hasil pembakaran dari *Kiln* dan *cooler* dengan temperatur 1100C. *Suspension Preheater* yang digunakan dilengkapi dengan *calsiner* dimana proses pembakaran terjadi di dalamnya. Proses kalsinasi mulai terjadi pada siklon paling atas dengan temperature 750C. *Clinker* yang keluar dari SP mealui dua *outlet duct* masuk ke *Kiln* untuk proses pembakaran utama untuk menghasilkan *clinker*. Setelah selesai proses pembakaran di *Kiln* maka material keluar melalui *discharge end* dari *Kiln* menuju proses pendinginan *clinker* di *Grate Cooler*. Akibat proses pendinginan tersebut, *Clinker* yang awal masuk *cooler* bertemperatur 1400C turun hingga mencapai temperatur 100C. *Clinker* yang telah mengalami penurunan temperatur tersebut kemudian membeku dan membentuk gumpalan yang disebabkan pendinginan. Maka c*linker* tersebut terlebih dahulu dihancurkan di *clinker breaker* hingga diperoleh c*linker* dengan diameter sekitar 50 mm. *Clinker* yang keluar dari proses penghancuran di c*linker breaker* tersebut kemudian ditransportasikan menuju dua buah c*linker* silo.

Clinker dari silo dimasukkan kedalam *hopper* melalui *vibrating feeder* untuk diayak sehingga kemudian dibawa menuju alat penggilingan *(finish mill).* Proses penggilingan ini menghasilkan semen halus yang siap dikemas dalam kantong semen maupun didistribusi menggunakan mobil bulk. Pada proses ini pula *gypsum* dan *trass* dicampurkan dengan *clinker* agar menjadi produk akhir semen PPC, PCC, dan OPC. Namun OPC tidak menggunakan bahan aditif *trass*. Produk akhir (semen) tersebut akan disimpan ke semen silo dan siap untuk dikemas.

4.1.1.7 Waktu Kerja

PT X membagi kedalam dua jenis waktu kerja yaitu jam normal dan jam kerja shift dengan masing-masing beban kerja 8 jam per hari. Jam kerja normal berlaku bagi karyawan PT X terdiri atas lima hari kerja yaitu dari hari senin hingga jum’at sedangkan jam kerja shift ditujukan untuk operasional produksi semen selama 24 jam dalam sehari yang terbagi menjadi tiga shift.

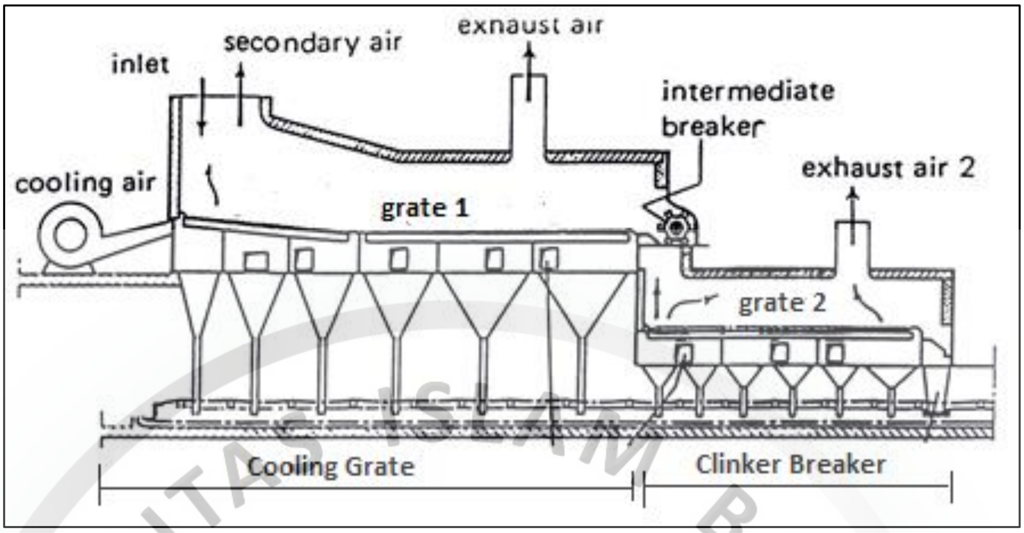
4.1.2 Data Pendukung Permasalahan

Data pendukung permasalahan berisi data-data yang berkaitan dengan permasalahan nyata di PT X yang untuk diolah sehingga dapat menyelesaikan permasalahan yang terjadi.

4.1.2.1 Mesin *Grate Cooler*

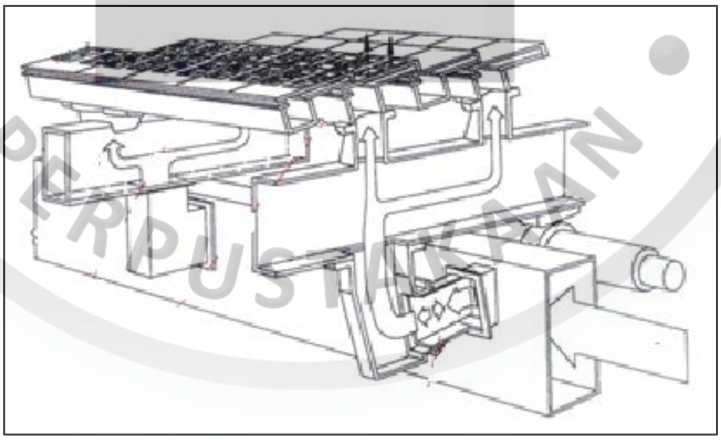
Mesin *Grate Cooler* merupakan jenis mesin *Air Quenching Cooler* yang berfungsi untuk mendinginkan *Clinker* secara cepat dengan udara yang diterima dari *Cooling Fan*. Tipe *Grate Cooler* yang digunakan di PT X adalah *Reciprocating Grate*

Cooler. Mesin ini terdiri dari beberapa bagian yaitu bagian *Cooling Grate, Clinker Breaker, Hopper,* dan *Drag Chain*.



Gambar 4.10 Mesin *Grate Cooler*

Prinsip kerja dari *Grate Cooler* yaitu gerakan maju mundur dari *Grate Plate* dan adanya *slop* (kemiringan) dari *grate*. Material panas memasuki pendingin dan berjalan melintasi serangkaian *Grate Plate*. *Grate Plate* ini memiliki lubang di dalamnya untuk memungkinkan lewatnya udara dingin. Udara dipasok dari kipas ke kompartemen dibawah *Grate Plate*. *Cooling grate* terdiri dari *Grate Plate* yang disusun pada rangkaian *Movable Frame*.



Gambar 4.11 Rangkaian *Grate Plate* pada *Movable Frame*

Movable Frame didukung oleh poros berjenis engkol dan C*arrying Axle* yang terdiri dari dua buah *roller* dan satu buah *guide roller* yang mempunyai *flange/guide* untuk mengarahkan gerakan *Movable Frame. Movable Frame* menerima gerakan melalui batang penghubung ke Poros Engkol menggunakan sproket dan rantai yang terhubung ke Motor.

Grate Cooler dilengkapi dengan *clinker breaker* dengan tipe *roller breaker* yang terdiri dari beberapa *roll crusher*. *Roll crusher* terdiri dari poros dan *Rotor*. Pelumasan pada *Bearing Motor* diberikan secara otomatis melalui *central lubricantion lube*. *Rotor* digerakkan oleh motor yang dihubungkan dengan *V-belt.*

4.1.2.2 Kebijakan Pemeliharaan Mesin

Pemeliharaan diperlukan bagi semua mesin dan peralatan produksi agar mesin dan peralatan tersebut dapat bekerja secara optimal. Terdapat beberapa kegiatan pemeliharaan yang dilakukan di PT X yang terdiri dari *preventive maintenance* dan *Corrective Maintenance*. Pemeliharaan dilakukan untuk menghindari terjadinya kerusakan mesin sehingga kekontinuitasan produksi terganggu.

Kegiatan *preventive maintenance* pada Divisi *Kiln* termasuk mesin *Grate Cooler* di PT X dilakukan periode satu tahun satu kali dalam bentuk pemeliharaan *overhaul* selama 15 hari.

Tabel 4.3 *Overhaul Grate Cooler* Tahun 2016-2019

No	Mulai	Selesai	Uraian Pekerjaan	Pemeliharaan (jam)
1	13-Jul-2016	01-Aug-2016	*Overhaul*	476,74
	12.00.00 AM	8.44.00 PM		
2	19-Jul-2017	01-Aug-2017	*Overhaul*	319,97
	12.00.00 AM	7.58.00 AM		
3	18-Jul-2018	03-Aug-2018	*Overhaul*	390,70
	12.00.00 AM	6.42.00 AM		
4	16-Jul-2019	05-Aug-2019	*Overhaul*	486,17
	12.00.00 AM	6.10.00 AM		

Sebagai penunjang kegiatan *overhaul* dilakukan *routine maintenance* berupa inspeksi kondisi mesin yang dilakukan setiap shift. Inspeksi ini dilakukan melalui pengukuran dari beberapa parameter antara lain dengan pengecekan fisik mesin dan kondisi pelumasan. Hasil pengukuran tersebut dapat memberikan informasi kondisi mesin atau peralatan yang sedang dipakai sehingga kerusakan dapat diminimalisir. Adapun kegiatan *corrective maintenance* dilakukan bertujuan untuk mengembalikan fungsi mesin setelah mesin terjadi kerusakan secara tiba-tiba.

4.1.2.3 *Downtime* Mesin *Grate Cooler*

Berdasarkan hasil observasi terdapat komponen yang dianggap riskan dan diharuskan untuk segera memperbaiki atau mengganti jika ditemukan suatu keabnormalan. Keabnormalan ini dapat mengakibatkan kerusakan mesin sehingga mengakibatkan *downtime*. Komponen yang teridentifikasi terjadi *breakdown* pada mesin *Grate Cooler* yaitu bagian *cooling grate* pada komponen *Grate Plate*, Poros Engkol, dan *Bearing Motor* serta bagian *clinker breaker* pada komponen *Rotor* dan *V-belt*.

Tabel 4.4 *Downtime Grate Cooler*

No	Bagian Mesin	Komponen	Frekuensi	Total *Downtime* (jam)	Persentase *Downtime* (%)
1	*Cooling Grate*	*Grate Plate*	30	587,210	56,231
		Poros Engkol	17	388,313	37,185
		Bearing Motor	4	29,428	2,817
2	*Clinker Breaker*	*Rotor*	6	24,643	2,360
		V-belt	4	14,701	1,408
3	*Hopper*	-	0	0,000	0,000
4	*Drag Chain*	-	0	0,000	0,000
Total			61	1.044,285	100,000

4.1.2.4 Data *Downtime* Mesin *Grate Cooler*

Berdasarkan pada sub-bab 4.1.2.3 diketahui komponen yang mengalami *downtime* antara lain komponen *Grate Plate*, Poros Engkol, *Bearing Motor*, *Rotor*, dan *V-belt*. Adapun data *downtime* dari masing-masing komponen tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.5 hingga 4.9.

1. Data *Downtime* Komponen *Grate Plate*

Grate Plate merupakan produk cor yang menjadi salah satu komponen utama dari mesin *Grate Cooler*. *Grate Plate* ini merupakan media untuk mendinginkan *clinker*. Data *downtime* yang diakibatkan kerusakan pada *Grate Plate* ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 *Downtime Grate Plate*

No	Waktu Kerusakan	Selesai	*Downtime* (jam)	Uraian Pekerjaan	Perbaikan (jam)
1	26-Jan-2016	26-Jan-2016	11,22	Tunggu mekanik cek *Grate Cooler*	9,22
	5:34:00 AM	4:47:00 PM			
2	10-Feb-2016	11-Feb-2016	23,35	Tunggu mekanik ganti *Grate Plate*	21,35
	2:13:00 PM	1:34:00 PM			
3	23-Mar-2016	23-Mar-2016	11,97	Tunggu mekanik cek *Grate Cooler*	9,97
	4:35:00 AM	4:33:00 PM			
4	15-May-2016	16-May-2016	22,57	Tunggu mekanik ganti *Grate Plate*	20,57
	3:30:00 PM	2:04:00 PM			
5	05-Oct-2016	05-Oct-2016	10,21	Tunggu mekanik cek *Grate Cooler*	8,21
	8:50:00 AM	7:02:00 PM			

Tabel 4.5 *Downtime Grate Plate* (Lanjutan)

No	Waktu Kerusakan	Selesai	*Downtime* (jam)	Uraian Pekerjaan	Perbaikan (jam)
6	26-Oct-2016 6:15:00 AM	27-Oct-2016 4:16:00 AM	22,02	Tunggu mekanik ganti *Grate Plate*	20,02
7	15-Dec-2016 1:05:00 PM	18-Dec-2016 9:02:00 AM	67,96	Tunggu mekanik ganti *Grate Plate*	65,96
8	08-Jan-2017 3:50:00 PM	09-Jan-2017 1:05:00 PM	24,25	Tunggu mekanik ganti *Grate Plate*	22,25
9	23-May-2017 12:50:00 PM	24-May-2017 10:03:00 PM	23,23	Tunggu mekanik ganti *Grate Plate*	21,23
10	08-Sep-2017 9:23:00 AM	08-Sep-2017 7:31:00 PM	10,13	Tunggu mekanik cek *Grate Cooler*	8,13
11	27-Sep-2017 8:10:00 AM	28-Sep-2017 7:17:00 AM	23,12	Tunggu mekanik ganti *Grate Plate*	21,12
12	14-Oct-2017 7:45:00 AM	14-Oct-2017 8:18:00 PM	12,55	Tunggu mekanik cek *Grate Cooler*	10,55
13	15-Dec-2017 11:35:00 PM	16-Dec-2017 10:06:00 PM	22,52	Tunggu mekanik ganti *Grate Plate*	20,52
14	10-Jan-2018 9:33:00 PM	11-Jan-2018 9:36:00 AM	12,04	Tunggu mekanik cek *Grate Cooler*	10,04
15	02-Feb-2018 9:12:00 AM	02-Feb-2018 9:58:00 PM	12,77	Tunggu mekanik cek *Grate Cooler*	10,77
16	22-Feb-2018 8:25:00 AM	22-Feb-2018 10:04:00 PM	13,66	Tunggu mekanik cek *Grate Cooler*	11,66
17	07-Mar-2018 6:35:00 AM	08-Mar-2018 7:49:00 AM	25,24	Tunggu mekanik ganti *Grate Plate*	23,23
18	27-Apr-2018 5:10:00 AM	27-Apr-2018 6:35:00 PM	13,43	Tunggu mekanik cek *Grate Cooler*	11,43
19	02-May-2018 8:50:00 AM	02-May-2018 9:30:00 PM	12,67	Tunggu mekanik cek *Grate Cooler*	10,67
20	16-May-2018 8:24:00 PM	17-May-2018 9:01:00 PM	24,63	Tunggu mekanik ganti *Grate Plate*	22,63
21	10-Jun-2018 11:53:00 AM	11-Jun-2018 1:13:00 PM	25,34	Tunggu mekanik ganti *Grate Plate*	23,34
22	23-Jun-2018 4:40:00 PM	24-Jun-2018 8:14:00 AM	15,57	Tunggu mekanik cek *Grate Cooler*	13,57
23	29-Jun-2018 6:10:00 PM	30-Jun-2018 6:42:00 PM	24,55	Tunggu mekanik ganti *Grate Plate*	22,55
24	27-Aug-2018 8:34:00 PM	28-Aug-2018 9:10:00 AM	12,60	Tunggu mekanik cek *Grate Cooler*	10,60
25	20-Sep-2018 10:18:00 AM	20-Sep-2018 10:50:00 PM	12,54	Tunggu mekanik cek *Grate Cooler*	10,54
26	06-Dec-2018 1:19:00 PM	07-Dec-2018 2:44:00 PM	25,43	Tunggu mekanik ganti *Grate Plate*	23,43

Tabel 4.5 *Downtime Grate Plate* (Lanjutan)

No	Waktu Kerusakan	Selesai	*Downtime* (jam)	Uraian Pekerjaan	Perbaikan (jam)
27	23-Dec-2018	24-Dec-2018	24,91	Tunggu mekanik ganti *Grate Plate*	22,91
	12:58:00 PM	1:52:00 PM			
28	28-Feb-2019	01-Mar-2019	23,55	Tunggu mekanik ganti *Grate Plate*	21,55
	3:33:00 AM	3:05:00 PM			
29	24-Mar-2019	24-Mar-2019	10,99	Tunggu mekanik cek *Grate Cooler*	8,99
	10:50:00 AM	9:49:00 PM			
30	26-Jun-2019	27-Jun-2019	12,19	Tunggu mekanik cek *Grate Cooler*	10,19
	6:30:00 PM	6:41:00 AM			

2. Data *Downtime* Komponen Poros Engkol

Poros Engkol merupakan salah satu komponen penyusun pada rangkaian *movable frame* yang berfungsi sebagai penghantar gerakan yang diterima oleh *Grate Cooler*. Poros Engkol ini dihubungkan ke motor dengan menggunakan rantai. Data *downtime* yang diakibatkan kerusakan pada Poros Engkol ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 *Downtime* Poros Engkol

No	Waktu Kerusakan	Selesai	*Downtime* (jam)	Uraian Pekerjaan	Perbaikan (jam)
1	30-Mar-2016	31-Mar-2016	21,55	Mekanik *repair*	19,55
	6:33:00 AM	4:05:00 PM			
2	26-Apr-2016	27-Apr-2016	21,33	Mekanik *repair*	19,33
	8:45:00 AM	10:11:00 AM			
3	01-Jul-2016	02-Jul-2016	19,57	Mekanik *repair*	17,57
	10:10:00 AM	5:44:00 AM			
4	11-Oct-2016	12-Oct-2016	17,67	Mekanik *repair*	15,67
	3:24:00 PM	9:04:00 AM			
5	16-Nov-2016	17-Nov-2016	18,87	Mekanik *repair*	16,87
	9:45:00 AM	4:37:00 AM			
6	17-Feb-2017	18-Feb-2017	22,53	Mekanik *repair*	20,53
	10:10:00 AM	8:42:00 AM			
7	24-Nov-2017	25-Nov-2017	21,00	Mekanik *repair*	19,00
	8:35:00 PM	5:25:00 PM			
8	19-Jan-2018	20-Jan-2018	21,95	Mekanik *repair*	19,95
	1:03:00 PM	11:00:00 AM			
9	16-Feb-2018	17-Feb-2018	24,25	Mekanik *repair*	22,25
	11:35:00 PM	9:50:00 AM			
10	28-Feb-2018	01-Mar-2018	25,43	Mekanik repair	23,43
	10:33:00 PM	11:59:00 PM			
11	05-Apr-2018	06-Apr-2018	24,57	Mekanik repair	22,57
	2:35:00 PM	3:08:00 PM			

Tabel 4.6 *Downtime Poros Engkol* (Lanjutan)

No	Waktu Kerusakan	Selesai	*Downtime* (jam)	Uraian Pekerjaan	Perbaikan (jam)
12	02-Jun-2018	03-Jun-2018	27,89	Mekanik *repair*	25,89
	5:50:00 AM	9:43:00 AM			
13	17-Jun-2018	18-Jun-2018	24,50	Mekanik *repair*	22,50
	1:41:00 PM	2:11:00 PM			
14	10-Aug-2018	11-Aug-2018	25,56	Mekanik *repair*	23,56
	3:25:00 PM	4:58:00 PM			
15	03-Sep-2018	04-Sep-2018	26,75	Mekanik *repair*	24,75
	8:24:00 PM	10:09:00 PM			
16	08-Nov-2018	09-Nov-2018	24,65	Mekanik *repair*	22,65
	10:50:00 AM	11:29:00 AM			
17	04-Feb-2019	05-Feb-2019	20,24	Mekanik *repair*	18,24
	9:25:00 AM	5:39:00 AM			

3. Data *Downtime* Komponen *Bearing Motor*

Bearing Motor merupakan salah satu komponen pada rangkaian *movable frame* yang berfungsi untuk menggerakan *movable frame* sehingga terjadi gerakan maju mundur pada *Grate Plate*. Data *downtime* yang diakibatkan kerusakan pada *Bearing Motor* ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 *Downtime Bearing Motor*

No	Waktu Kerusakan	Selesai	*Downtime* (jam)	Uraian Pekerjaan	Perbaikan (jam)
1	15-Feb-2016	15-Feb-2016	6,80	Elektrik ganti motor main drive	4,80
	3:34:00 PM	10:22:00 PM			
2	08-Oct-2016	08-Oct-2016	7,12	Elektrik ganti motor main drive	5,12
	8:06:00 AM	3:13:00 PM			
3	01-Jun-2017	01-Jun-2017	8,26	Elektrik ganti motor main drive	6,26
	10:25:00 AM	6:40:00 PM			
4	15-Nov-2018	15-Nov-2018	7,24	Elektrik ganti motor main drive	5,24
	6:30:00 AM	1:34:00 PM			

4. Data *Downtime* Komponen *Rotor*

Rotor merupakan salah satu komponen dari *roll crusher* yang digunakan dalam *Clinker Breaker*. *Rotor* berfungsi untuk menghancurkan gumpalan-gumpalan *Clinker*. Data *downtime* yang diakibatkan kerusakan pada *Rotor* ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 *Downtime* Rotor

No	Waktu Kerusakan	Selesai	*Downtime* (jam)	Uraian Pekerjaan	Perbaikan (jam)
1	03-Feb-2016 3:26:00 PM	03-Feb-2016 7:58:00 PM	4,54	Elektrik *repair*	2,54
2	02-May-2016 1:03:00 PM	02-May-2016 5:08:00 AM	4,10	Elektrik *repair*	2,10
3	24-May-2017 11:32:00 AM	24-May-2017 3:31:00 PM	3,99	Elektrik *repair*	1,99
4	04-Dec-2017 3:25:00 PM	04-Dec-2017 7:38:00 PM	4,22	Elektrik *repair*	2,22
5	26-Apr-2018 2:25:00 PM	26-Apr-2018 6:00:00 PM	3,58	Elektrik *repair*	1,58
6	06-May-2019 8:05:00 PM	07-May-2019 12:17:00 AM	4,21	Elektrik *repair*	2,21

5. Data *Downtime* Komponen *V-belt*

V-belt merupakan salah satu komponen *Clinker Breaker* yang digunakan untuk menghubungkan *Rotor* dengan motor, sehingga *Rotor* dapat bergerak dan menjalankan fungsinya. Data *downtime* yang diakibatkan kerusakan pada *V-belt* ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 *Downtime V-belt*

No	Waktu Kerusakan	Selesai	*Downtime* (jam)	Uraian Pekerjaan	Perbaikan (jam)
1	15-Apr-2016 9:20:00 AM	15-Apr-2016 12:18:00 PM	2,97	Tunggu mekanik *repair*	0,97
2	26-Sep-2017 9:55:00 PM	27-Sep-2017 1:20:00 AM	3,43	Mekanik *repair*	1,43
3	25-Jun-2018 12:36:00 PM	25-Jun-2018 8:14:00 AM	3,77	Mekanik *repair*	1,77
4	10-Jun-2019 4:35:00 PM	10-Jun-2019 9:06:00 PM	4,53	Tunggu mekanik *repair*	2,53

4.1.2.5 Data Waktu Pemeliharaan

Downtime yang terjadi pada mesin *Grate Cooler* dipengaruhi oleh kegiatan administrasi dan waktu perbaikan yang dilakukan. Pada kegiatan *preventive maintenance, downtime* disebabkan oleh kegiatan pemeliharaan. Berdasarkan data yang diperoleh dan hasil observasi waktu yang digunakan dalam pemeliharaan setiap komponen ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Waktu aktivitas pemeliharaan

No	Komponen	Tindakan Pemeliharaan	Rata-rata Waktu Pemeliharaan (Jam)
1	*Grate Plate*	Penggantian	24,84
2	Poros Engkol	Pemeliharaan	20,84
3	*Bearing Motor*	Penggantian	5,54
4	*Rotor*	Pemeliharaan	2,02
5	*V-belt*	Pemeliharaan	1,91

4.1.2.6 Data *Cycle Time*

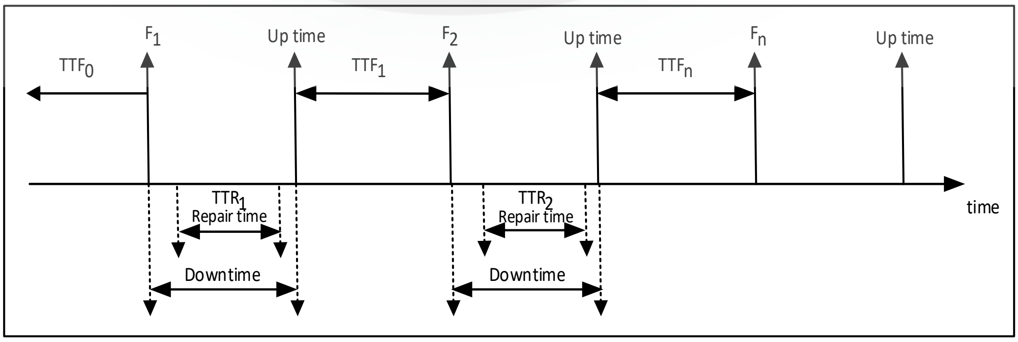
Cycle time diperlukan untuk mengetahui jumlah produk yang dihasilkan per satuan waktu sehingga dapat diketahui peningkatan jumlah produk berdasarkan *availability* usulan dalam penentuan interval pemeliharaan. Mesin *Grate Cooler* dioperasikan selama 24 jam sehari dengan harapan dapat beroperasi selama satu tahun diluar kegiatan overhaul. Kapasitas Mesin *Grate Cooler* dapat menghasilkan *Clinker* 3.700 ton per hari. Berdasarkan kapasitas mesin *Grate Cooler* dapat diketahui bahwa dalam memproduksi satu ton *Clinker* memerlukan waktu 0,0065 jam.

4.2 Pengolahan Data

Setelah mengumpulkan data yang diperlukan, dilakukan pengolahan data berdasarkan langkah-langkah pemecahan masalah yang telah diuraikan pada bab sebelumnya sesuai dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai.

4.2.1 Perhitungan *Time To Failure* (TTF) dan Penentuan *Time To Repair* (TTR)

Menurut Picknell dan Sifonte (2017) *Time To Failure* (TTF) merupakan informasi waktu antar terjadi kerusakan dari setelah pengoperasian kembali sedangkan *Time To Repair* (TTR) merupakan informasi waktu yang diperlukan untuk memperbaiki mesin atau komponen. Skema nilai TTF dan TTR dapat ditentukan seperti pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Skema perhitungan TTF dan penentuan TTR

Downtime yang digunakan dalam penelitian ini adalah *downtime* yang disebabkan oleh perbaikan ataupun penggantian komponen sedangkan *downtime* yang diakibatkan kegiatan non-teknis tidak dilibatkan dalam penelitian ini. Hal tersebut merujuk pada penggunaan parameter MTTR yang menunjukkan rata-rata waktu yang diperlukan dalam perbaikan komponen.

4.2.1.1 *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) Komponen *Grate Plate*

Time To Failure (TTF) merupakan selang waktu antar kerusakan. Nilai TTF dapat dihitung dengan cara mengetahui waktu ketika mesin mulai beroperasi hingga terjadi kerusakan *Grate Plate* berikutnya. Perhitungan nilai TTF menggunakan Persamaan II.15. Contoh perhitungan nilai TTF komponen *Grate Plate* adalah seperti berikut:

$TTF_i = F_{i+1} - U_i$

$TTF_1 = F_2 - U_1$

= 10 Februari 2016 (2:13:00 PM) – 26 Januari 2016 (4:47:00 PM)

= 357,427 jam

Rekapitulasi perhitungan *Time To Failure* (TTF) komponen *Grate Plate* ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 TTF *Grate Plate*

I	TTF (jam)	*i*	TTF (jam)	*i*	TTF (jam)
0	0	10	444,652	20	566,853
1	357,427	11	384,460	21	291,439
2	975,015	12	1.491,281	22	129,926
3	1.270,947	13	599,444	23	589,867
4	1.548,097	14	527,610	24	553,135
5	491,207	15	466,450	25	1.838,477
6	1.184,813	16	296,511	26	382,220
7	510,790	17	1.197,348	27	1.585,678
8	3.212,747	18	110,237	28	547,737
9	913,415	19	334,897	29	2.252,680

Time To Repair (TTR) ditentukan berdasarkan waktu yang diperlukan untuk kegiatan pemeliharaan. Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 4.5 apabila *Grate Plate* terjadi kerusakan, terdapat dua tindakan yang kemungkinan terjadi. Kemungkinan tersebut adalah masih dalam tahap indikasi yang mengharuskan pengecekan secara intensif komponen *Grate Plate* secara menyeluruh apakah benar terjadi kerusakan. Kemungkinan lainnya adalah kondisi rusak sehingga *Grate Plate* harus diganti. Oleh karena itu penentuan TTR *Grate Plate* diambil berdasarkan kondisi *Grate Plate* yang telah rusak. Penentuan nilai TTF menggunakan Persamaan II.16. Rekapitulasi penentuan TTR komponen *Grate Plate* ditunjukkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 TTR *Grate Plate*

i	TTR (jam)	*i*	TTR (jam)	*i*	TTR (jam)
1	21,352	6	21,230	11	23,345
2	20,570	7	21,123	12	22,547
3	20,020	8	20,523	13	23,430
4	65,960	9	23,235	14	22,905
5	22,253	10	22,630	15	21,546

4.2.1.2 *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) Komponen Poros Engkol

Time To Failure (TTF) merupakan selang waktu antar kerusakan. Nilai TTF dapat dihitung dengan cara mengetahui waktu ketika mesin mulai beroperasi hingga terjadi kerusakan Poros Engkol berikutnya. Perhitungan nilai TTF menggunakan Persamaan II.15. *Time To Repair* (TTR) ditentukan berdasarkan waktu yang diperlukan untuk kegiatan pemeliharaan. Penentuan TTR komponen Poros Engkol dapat dilihat berdasarkan Tabel 4.6 berdasarkan Persamaan II.16. Contoh perhitungan nilai TTF komponen Poros Engkol adalah seperti berikut:

$TTF_i = F_{i+1} - U_i$

$TTF_2 = F_3 - U_2$

= 1 Juli 2016 (10:10:00 AM) – 27 April 2016 (10:11:00 AM)

= 1.564,087 jam

Rekapitulasi perhitungan *Time To Failure* (TTF) dan penentuan *Time To Repair* (TTR) komponen Poros Engkol ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 TTF dan TTR Poros Engkol

i	TTF (jam)	TTR (jam)	*i*	TTF (jam)	TTR (jam)	*i*	TTF (jam)	TTR (jam)
0	0	19,550	6	2.772,615	19,002	12	339,960	22,500
1	628,654	19,330	7	1.315,465	19,950	13	176,717	23,560
2	1.564,087	17,570	8	660,583	22,250	14	555,423	24,750
3	1.698,664	15,670	9	262,717	23,435	15	1.547,683	22,650
4	840,680	16,870	10	830,598	22,566	16	2.085,933	18,241
5	2.213,547	20,533	11	1.358,684	25,890			

4.2.1.3 *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) Komponen *Bearing Motor*

Time To Failure (TTF) merupakan selang waktu antar kerusakan. Nilai TTF dapat dihitung dengan cara mengetahui waktu ketika mesin mulai beroperasi hingga terjadi kerusakan *Bearing Motor* berikutnya. Perhitungan nilai TTF menggunakan Persamaan II.15. *Time To Repair* (TTR) ditentukan berdasarkan waktu yang diperlukan untuk kegiatan pemeliharaan. Penentuan TTR komponen *Bearing Motor* dapat dilihat berdasarkan Tabel 4.7 berdasarkan Persamaan II.16. Contoh perhitungan nilai TTF komponen *Bearing Motor* adalah seperti berikut:

$TTF_i = F_{i+1} - U_i$

$TTF_2 = F_3 - U_2$

= 1 Juni 2017 (10:25:00 AM) – 8 Oktober 2016 (3:13:00 PM)

= 5.659,193 jam

Rekapitulasi perhitungan TTF dan penentuan TTR komponen *Bearing Motor* ditunjukkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 TTF dan TTR *Bearing Motor*

i	TTF (jam)	TTR (jam)
0	0	4,798
1	1.619,364	5,124
2	5.659,193	6,255
3	2.495,800	5,241

4.2.1.4 *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) Komponen *Rotor*

Time To Failure (TTF) merupakan selang waktu antar kerusakan. Nilai TTF dapat dihitung dengan cara mengetahui waktu ketika mesin mulai beroperasi hingga terjadi kerusakan *Rotor* berikutnya. Perhitungan nilai TTF menggunakan Persamaan II.15. *Time To Repair* (TTR) ditentukan berdasarkan waktu yang diperlukan untuk kegiatan pemeliharaan. Penentuan TTR komponen *Rotor* dapat dilihat berdasarkan Tabel 4.8 berdasarkan Persamaan II.16. Contoh perhitungan nilai TTF komponen *Rotor* adalah seperti berikut:

$TTF_i = F_{i+1} - U_i$

$TTF_4 = F_5 - U_4$

= 26 April 2018 (2:25:00 PM) – 4 Desember 2017 (7:38:00 PM)

= 3.426,777 jam

Rekapitulasi perhitungan TTF dan penentuan TTR komponen *Rotor* ditunjukkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 TTF dan TTR *Rotor*

i	TTF (jam)	TTR (jam)
0	0	2,543
1	2.129,074	2,097
2	7.094,797	1,987
3	3.007,449	2,223
4	3.426,777	1,583
5	6.637,383	2,210

4.2.1.5 *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) Komponen *V-belt*

Time To Failure (TTF) merupakan selang waktu antar kerusakan. Nilai TTF dapat dihitung dengan cara mengetahui waktu ketika mesin mulai beroperasi hingga terjadi kerusakan *V-belt* berikutnya. Perhitungan nilai TTF menggunakan Persamaan II.15. *Time To Repair* (TTR) ditentukan berdasarkan waktu yang diperlukan untuk kegiatan pemeliharaan. Penentuan TTR komponen *V-belt* dapat dilihat berdasarkan Tabel 4.9 berdasarkan Persamaan II.16. Contoh perhitungan nilai TTF komponen *V-belt* adalah seperti berikut:

$TTF_i \quad = F_{i+1} - U_i$

$TTF_2 \quad = F_3 - U_2$

= 25 Juni 2018 (12:36:00 PM) – 27 September 2017 (1:20:00 AM)

= 6.515,253 jam

Rekapitulasi perhitungan TTF dan penentuan TTR komponen *V-belt* ditunjukkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 TTF dan TTR *V-belt*

i	TTF (jam)	TTR (jam)
0	0	0,974
1	1.357,949	1,430
2	6.515,253	1,767
3	7.473,883	2,530

4.2.2 Penentuan Distribusi *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR)

Pada tahap ini melakukan penentuan distribusi yang sesuai dengan data TTF dan TTR dengan melalui perhitungan *index of fit* atau koefisien korelasi. Perhitungan *index of fit* TTF dan TTR menggunakan metode *least square*. *Index of fit* memiliki nilai antara 0 sampai 1 yang menunjukkan hubungan antara variabel x terhadap variabel y. Apabila nilai *index of fit* mendekati 1 maka dapat dikatakan penyebaran data TTF dan TTR pada suatu distribusi sangat baik. Penelitian ini menghitung *index of fit* dengan menggunakan distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi lognormal, dan distribusi Weibull. Distribusi tersebut dipilih berdasarkan kriteria laju kerusakan yang kontan ataupun tidak untuk mengantisapasi ketidakpastian terjadinya *breakdown*.

4.2.2.1 *Index of fit Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) Komponen *Grate Plate*

Perhitungan *least square* untuk menghitung nilai *index of fit* yang digunakan dalam penentuan distribusi dari data TTF dan TTR komponen *Grate Plate*.

1. *Indeks Of Fit Time To Failure*

Perhitungan *index of fit Time To Failure* (TTF) dengan menggunakan distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi lognormal, dan distribusi Weibull dapat menggunakan Persamaan II.10.

a. Distribusi Eksponensial

Pada distribusi eksponensial variabel x dan y dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.1 dan II.2. Berikut merupakan contoh perhitungan jika i = 1 pada distribusi eksponensial.

$x_1 = t_1$ = TTF = 110,237

$F(t_1) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{29+0.4} = 0,024$

$y_1 = \ln\left(\frac{1}{1-F(t_1)}\right) = \ln\left(\frac{1}{1-0,024}\right) = 0,024$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{29(42080,508)-(25055,360 \; x \; 28,066)}{\sqrt{[(29 \; x \; 35715045,348)-25055,360^2][(29 \; x \; 50,204)-28,066^2)}} = 0,990$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi eksponensial ditunjukkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 *Least square* TTF *Grate Plate* pada distribusi eksponensial

i	t_i(jam)	$x_i=t_i$	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	110,237	110,237	0,024	0,024	2,656	12152,123	0,001
2	129,926	129,926	0,058	0,060	7,739	16880,765	0,004

Tabel 4.17 *Least square* TTF *Grate Plate* pada distribusi eksponensial (Lanjutan)

i	t_i(jam)	x_i=t_i	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
3	291,439	291,439	0,092	0,096	28,075	84.936,535	0,009
4	296,511	296,511	0,126	0,135	39,882	87.918,575	0,018
5	334,897	334,897	0,160	0,174	58,336	112.155,777	0,030
6	357,427	357,427	0,194	0,216	77,033	127.754,060	0,046
7	382,220	382,220	0,228	0,259	98,853	146.092,128	0,067
8	384,460	384,460	0,262	0,304	116,754	147.809,748	0,092
9	444,652	444,652	0,296	0,351	156,011	197.715,698	0,123
10	466,450	466,450	0,330	0,400	186,755	217.575,292	0,160
11	491,207	491,207	0,364	0,452	222,257	241.283,989	0,205
12	510,790	510,790	0,398	0,507	259,190	260.906,424	0,257
13	527,610	527,610	0,432	0,566	298,409	278.372,312	0,320
14	547,737	547,737	0,466	0,627	343,614	300.016,186	0,394
15	553,135	553,135	0,500	0,693	383,404	305.958,697	0,480
16	566,853	566,853	0,534	0,764	432,849	321.322,702	0,583
17	589,867	589,867	0,568	0,839	495,130	347.942,684	0,705
18	599,444	599,444	0,602	0,921	552,331	359.332,710	0,849
19	913,415	913,415	0,636	1,011	923,235	834.327,571	1,022
20	975,015	975,015	0,670	1,109	1.081,163	950.653,709	1,230
21	1.184,813	1.184,813	0,704	1,218	1.442,714	1403.782,635	1,483
22	1.197,348	1.197,348	0,738	1,340	1.604,177	1433.643,031	1,795
23	1.270,947	1.270,947	0,772	1,479	1.879,587	1615.305,430	2,187
24	1.491,281	1.491,281	0,806	1,641	2.446,490	2.223.920,015	2,691
25	1.548,097	1.548,097	0,840	1,833	2.838,331	2.396.605,353	3,361
26	1.585,678	1.585,678	0,874	2,073	3.286,575	2.514.375,777	4,296
27	1.838,477	1.838,477	0,908	2,388	4.389,810	3.379.996,454	5,701
28	2.252,680	2.252,680	0,942	2,850	6.420,962	5.074.565,681	8,125
29	3.212,747	3.212,747	0,976	3,738	12.008,187	1.0321.743,286	13,970
Σ	25.055,360	25.055,360	14,500	28,066	42.080,508	35.715.045,348	50,204
Index of fit (r)				**0,990**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi ekponensial diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan *Grate Plate* yaitu sebesar 0,990.

b. Distribusi Normal

Pada distribusi normal variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.3 dan II.4. Berikut merupakan contoh perhitungan jika i = 1 pada distribusi normal.

$x_1 = t_1$ = TTF = 110,237

$F(t_1) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{29+0.4} = 0{,}024$

$y_1 \quad = Z_1 = \Phi^{-1}[F(t_1)] = \Phi^{-1}[0{,}024] = -1{,}981$

maka, $r = \dfrac{n(\sum xiyi) - (\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2 - (\sum xi)^2][n \sum yi^2 - (\sum yi)^2]}}$

$= \dfrac{29(17189{,}864) - (25055{,}360\ x\ 0)}{\sqrt{[(29\ x\ 35715045{,}348) - 25055{,}360^2][(29\ x\ 25{,}769) - 0^2)}}$

$= 0{,}903$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi normal ditunjukkan pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 *Least square* TTF *Grate Plate* pada distribusi normal

i	t_i(jam)	$x_i=t_i$	$F(t_i)$	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	110,237	110,237	0,024	-1,981	-218,352	12.152,123	3,923
2	129,926	129,926	0,058	-1,573	-204,414	16.880,765	2,475
3	291,439	291,439	0,092	-1,330	-387,476	84.936,535	1,768
4	296,511	296,511	0,126	-1,146	-339,869	87.918,575	1,314
5	334,897	334,897	0,160	-0,995	-333,228	112.155,777	0,990
6	357,427	357,427	0,194	-0,864	-308,708	127.754,060	0,746
7	382,220	382,220	0,228	-0,746	-285,063	146.092,128	0,556
8	384,460	384,460	0,262	-0,637	-245,087	147.809,748	0,406
9	444,652	444,652	0,296	-0,536	-238,412	197.715,698	0,287
10	466,450	466,450	0,330	-0,440	-205,285	217.575,292	0,194
11	491,207	491,207	0,364	-0,348	-170,907	241.283,989	0,121
12	510,790	510,790	0,398	-0,259	-132,107	260.906,424	0,067
13	527,610	527,610	0,432	-0,171	-90,408	278.372,312	0,029
14	547,737	547,737	0,466	-0,085	-46,757	300.016,186	0,007
15	553,135	553,135	0,500	0,000	0,000	305.958,697	0,000
16	566,853	566,853	0,534	0,085	48,388	321.322,702	0,007
17	589,867	589,867	0,568	0,171	101,076	347.942,684	0,029
18	599,444	599,444	0,602	0,259	155,036	359.332,710	0,067
19	913,415	913,415	0,636	0,348	317,807	834.327,571	0,121
20	975,015	975,015	0,670	0,440	429,105	950.653,709	0,194
21	1.184,813	1.184,813	0,704	0,536	635,269	1.403.782,635	0,287
22	1.197,348	1.197,348	0,738	0,637	763,291	1.433.643,031	0,406
23	1.270,947	1.270,947	0,772	0,746	947,884	1.615.305,430	0,556
24	1.491,281	1.491,281	0,806	0,864	1.288,013	2.223.920,015	0,746
25	1.548,097	1.548,097	0,840	0,995	1.540,383	2.396.605,353	0,990
26	1.585,678	1.585,678	0,874	1,146	1.817,549	2.514.375,777	1,314
27	1.838,477	1.838,477	0,908	1,330	2.444,308	3.379.996,454	1,768
28	2.252,680	2.252,680	0,942	1,573	3.544,171	5.074.565,681	2,475
29	3.212,747	3.212,747	0,976	1,981	6.363,656	10.321.743,286	3,923
Σ	25.055,360	25.055,360	14,500	0,000	17.189,864	35.715.045,348	25,769
Index of fit (r)				**0.903**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi normal diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan (TTF) *Grate Plate* yaitu sebesar 0,903.

c. Distribusi Lognormal

Pada distribusi lognormal variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.5 dan II.6. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi lognormal.

$x_1 = \ln(t_i) = \ln(110{,}237) = 4{,}703$

$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{29+0.4} = 0{,}024$

$y_1 = Z_1 = \Phi^{-1}[F(t_1)] = \Phi^{-1}[0{,}024] = -1{,}981$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{29(21{,}045)-(187{,}553\ x\ 0)}{\sqrt{[(29\ x\ 1230{,}726)-187{,}553^2][(29\ x\ 25{,}769)-0^2)}} = 0{,}984$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi lognormal ditunjukkan pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 *Least square* TTF *Grate Plate* pada distribusi lognormal

i	t_i(jam)	x_i= ln (t_i)	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	110,237	4,703	0,024	-1,981	-9,315	22,115	3,923
2	129,926	4,867	0,058	-1,573	-7,657	23,687	2,475
3	291,439	5,675	0,092	-1,330	-7,545	32,204	1,768
4	296,511	5,692	0,126	-1,146	-6,524	32,400	1,314
5	334,897	5,814	0,160	-0,995	-5,785	33,801	0,990
6	357,427	5,879	0,194	-0,864	-5,078	34,562	0,746
7	382,220	5,946	0,228	-0,746	-4,435	35,355	0,556
8	384,460	5,952	0,262	-0,637	-3,794	35,424	0,406
9	444,652	6,097	0,296	-0,536	-3,269	37,177	0,287
10	466,450	6,145	0,330	-0,440	-2,704	37,763	0,194
11	491,207	6,197	0,364	-0,348	-2,156	38,401	0,121
12	510,790	6,236	0,398	-0,259	-1,613	38,887	0,067
13	527,610	6,268	0,432	-0,171	-1,074	39,292	0,029
14	547,737	6,306	0,466	-0,085	-0,538	39,763	0,007
15	553,135	6,316	0,500	0,000	0,000	39,887	0,000
16	566,853	6,340	0,534	0,085	0,541	40,197	0,007
17	589,867	6,380	0,568	0,171	1,093	40,703	0,029
18	599,444	6,396	0,602	0,259	1,654	40,909	0,067
19	913,415	6,817	0,636	0,348	2,372	46,474	0,121
20	975,015	6,882	0,670	0,440	3,029	47,368	0,194
21	1.184,813	7,077	0,704	0,536	3,795	50,089	0,287

Tabel 4.19 *Least square* TTF *Grate Plate* pada distribusi lognormal (Lanjutan)

i	t_i(jam)	x_i= ln (t_i)	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
22	1.197,348	7,088	0,738	0,637	4,518	50,238	0,406
23	1.270,947	7,148	0,772	0,746	5,331	51,087	0,556
24	1.491,281	7,307	0,806	0,864	6,311	53,398	0,746
25	1.548,097	7,345	0,840	0,995	7,308	53,946	0,990
26	1.585,678	7,369	0,874	1,146	8,446	54,299	1,314
27	1.838,477	7,517	0,908	1,330	9,994	56,501	1,768
28	2.252,680	7,720	0,942	1,573	12,146	59,596	2,475
29	3.212,747	8,075	0,976	1,981	15,994	65,204	3,923
Σ	25.055,360	187,553	14,500	0,000	21,045	1.230,726	25,769
Index of fit (r)				**0.984**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi lognormal diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan (TTF) *Grate Plate* yaitu sebesar 0,984.

d. Distribusi Weibull

Pada distribusi Weibull variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.7 dan II.8. Berikut merupakan contoh perhitungan jika i = 1 pada distribusi Weibull.

$x_1 = \ln(t_i) = \ln(110{,}237) = 4{,}703$

$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{29+0.4} = 0{,}024$

$y_i = \ln(-\ln(\frac{1}{1-F(t_1)})) = \ln(-\ln(\frac{1}{1-0{,}024})) = -3{,}726$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{29(-77{,}835)-(187{,}553\ x\ (-16{,}021))}{\sqrt{[(29\ x\ 1230{,}726)-187{,}553^2][(29\ x\ 48{,}831)-(-16{,}021)^2)}} = 0{,}968$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi Weibull ditunjukkan pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 *Least square* TTF *Grate Plate* pada distribusi Weibull

i	t_i(jam)	x_i= ln (t_i)	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	110,24	4,703	0,024	-3,726	-17,520	22,115	13,880
2	129,93	4,867	0,058	-2,821	-13,728	23,687	7,957
3	291,44	5,675	0,092	-2,340	-13,279	32,204	5,475
4	296,51	5,692	0,126	-2,006	-11,419	32,400	4,025
5	334,90	5,814	0,160	-1,748	-10,160	33,801	3,054
6	357,43	5,879	0,194	-1,535	-9,022	34,562	2,355
7	382,22	5,946	0,228	-1,352	-8,041	35,355	1,829

Tabel 4.20 *Least square* TTF *Grate Plate* pada distribusi Weibull (Lanjutan)

i	t_i(jam)	x_i= ln (t_i)	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
8	384,46	5,952	0,262	-1,192	-7,093	35,424	1,420
9	444,65	6,097	0,296	-1,047	-6,386	37,177	1,097
10	466,45	6,145	0,330	-0,915	-5,625	37,763	0,838
11	491,21	6,197	0,364	-0,793	-4,914	38,401	0,629
12	510,79	6,236	0,398	-0,678	-4,230	38,887	0,460
13	527,61	6,268	0,432	-0,570	-3,572	39,292	0,325
14	547,74	6,306	0,466	-0,466	-2,940	39,763	0,217
15	553,14	6,316	0,500	-0,367	-2,315	39,887	0,134
16	566,85	6,340	0,534	-0,270	-1,710	40,197	0,073
17	589,87	6,380	0,568	-0,175	-1,117	40,703	0,031
18	599,44	6,396	0,602	-0,082	-0,524	40,909	0,007
19	913,42	6,817	0,636	0,011	0,073	46,474	0,000
20	975,01	6,882	0,670	0,103	0,711	47,368	0,011
21	1184,81	7,077	0,704	0,197	1,394	50,089	0,039
22	1197,35	7,088	0,738	0,293	2,073	50,238	0,086
23	1270,95	7,148	0,772	0,391	2,797	51,087	0,153
24	1491,28	7,307	0,806	0,495	3,617	53,398	0,245
25	1548,10	7,345	0,840	0,606	4,452	53,946	0,367
26	1585,68	7,369	0,874	0,729	5,371	54,299	0,531
27	1838,48	7,517	0,908	0,870	6,542	56,501	0,758
28	2252,68	7,720	0,942	1,047	8,086	59,596	1,097
29	3212,75	8,075	0,976	1,318	10,646	65,204	1,738
Σ	25.055,360	187,553	14,500	-16,021	-77,835	1.230,726	48,831
Index of fit (r)				**0,968**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi weibul diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan (TTF) *Grate Plate* yaitu sebesar 0,968.

2. *Indeks Of Fit Time To Repair*

Perhitungan *index of fit Time To Repair* (TTR) dengan menggunakan distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi lognormal, dan distribusi Weibull dapat menggunakan Persamaan II.10.

a. Distribusi Eksponensial

Pada distribusi eksponensial variabel x dan y dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.1 dan II.2. Berikut merupakan contoh perhitungan jika i = 1 pada distribusi eksponensial.

$x_1 = t_1$ = TTR = 20,020

$F(t_1) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{15+0.4} = 0,045$

y_1 $= \ln\left(\frac{1}{1-F(t_1)}\right) = \ln\left(\frac{1}{1-0{,}045}\right) = 0{,}047$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{15(456{,}169)-(372{,}669\ x\ 14{,}196)}{\sqrt{[(15\ x\ 11086{,}990)-372{,}669^2][(15\ x\ 23{,}846)-14{,}196^2)}}$

$= 0{,}750$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi eksponensial ditunjukkan pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 *Least square* TTR *Grate Plate* pada distribusi eksponensial

i	t_i(jam)	x_i=t_i	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	20,020	20,020	0,045	0,047	0,931	400,800	0,002
2	20,523	20,523	0,110	0,117	2,401	421,194	0,014
3	20,570	20,570	0,175	0,193	3,965	423,125	0,037
4	21,123	21,123	0,240	0,275	5,804	446,181	0,076
5	21,230	21,230	0,305	0,364	7,730	450,713	0,133
6	21,352	21,352	0,370	0,462	9,870	455,906	0,214
7	21,546	21,546	0,435	0,571	12,304	464,230	0,326
8	22,253	22,253	0,500	0,693	15,425	495,196	0,480
9	22,547	22,547	0,565	0,832	18,765	508,367	0,693
10	22,630	22,630	0,630	0,994	22,492	512,117	0,988
11	22,905	22,905	0,695	1,187	27,184	524,639	1,409
12	23,235	23,235	0,760	1,426	33,134	539,865	2,034
13	23,345	23,345	0,825	1,741	40,646	544,970	3,031
14	23,430	23,430	0,890	2,204	51,634	548,965	4,856
15	65,960	65,960	0,955	3,091	203,885	4350,722	9,555
Σ	372,669	372,669	7,500	14,196	456,169	11.086,990	23,846
Index of fit (r)				**0,750**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi ekponensial diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk penggantian (TTR) *Grate Plate* yaitu sebesar 0,750.

b. Distribusi Normal

Pada distribusi normal variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.3 dan II.4. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi normal.

x_1 $= t_1$ = TTF = 20,020

F(t_1) $= \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{15+0.4} = 0{,}045$

y_1 $= Z_1 = \Phi^{-1}[F_{(t_1)}] = \Phi^{-1}[0{,}045] = -1{,}691$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{15(86,747)-(372,669 \ x \ 0)}{\sqrt{[(29 \ x \ 11086,990)-372,669^2][(15 \ x \ 12,245)-0^2)}}$

$= 0,580$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi normal ditunjukkan pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 *Least square* TTR *Grate Plate* pada distribusi normal

i	t_i(jam)	$x_i=t_i$	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	20,020	20,020	0,045	-1,691	-33,846	400,800	2,858
2	20,523	20,523	0,110	-1,224	-25,130	421,194	1,499
3	20,570	20,570	0,175	-0,933	-19,199	423,125	0,871
4	21,123	21,123	0,240	-0,705	-14,902	446,181	0,498
5	21,230	21,230	0,305	-0,510	-10,817	450,713	0,260
6	21,352	21,352	0,370	-0,332	-7,078	455,906	0,110
7	21,546	21,546	0,435	-0,163	-3,523	464,230	0,027
8	22,253	22,253	0,500	0,000	0,000	495,196	0,000
9	22,547	22,547	0,565	0,163	3,686	508,367	0,027
10	22,630	22,630	0,630	0,332	7,502	512,117	0,110
11	22,905	22,905	0,695	0,510	11,670	524,639	0,260
12	23,235	23,235	0,760	0,705	16,392	539,865	0,498
13	23,345	23,345	0,825	0,933	21,788	544,970	0,871
14	23,430	23,430	0,890	1,224	28,689	548,965	1,499
15	65,960	65,960	0,955	1,691	111,513	4.350,722	2,858
Σ	372,669	372,669	7,500	0,000	86,747	11.086,990	12,245
Index of fit (r)				**0,580**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi normal diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk penggantian (TTR) *Grate Plate* yaitu sebesar 0,580.

c. Distribusi Lognormal

Pada distribusi lognormal variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.5 dan II.6. Berikut merupakan contoh perhitungan jika i = 1 pada distribusi lognormal.

$x_1 = \ln(t_i) = \ln(20,020) = 2,997$

$F(t_i) \quad = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{15+0.4} = 0,045$

$y_1 \quad = Z_1 = \Phi^{-1}[F_{(t_1)}] = \Phi^{-1}[0,045] = -1,691$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{15(2{,}429)-(47{,}387\ x\ 0)}{\sqrt{[(15\ x\ 150{,}874)-\ 47{,}387^2][(15\ x\ 12{,}245)-0^2)}}$

= 0,641

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi lognormal ditunjukkan pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 *Least square* TTR *Grate Plate* pada distribusi lognormal

i	t_i(jam)	x_i= ln (t_i)	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	20,020	2,997	0,045	-1,691	-5,066	8,980	2,858
2	20,523	3,022	0,110	-1,224	-3,700	9,130	1,499
3	20,570	3,024	0,175	-0,933	-2,822	9,144	0,871
4	21,123	3,050	0,240	-0,705	-2,152	9,305	0,498
5	21,230	3,055	0,305	-0,510	-1,557	9,336	0,260
6	21,352	3,061	0,370	-0,332	-1,015	9,371	0,110
7	21,546	3,070	0,435	-0,163	-0,502	9,426	0,027
8	22,253	3,102	0,500	0,000	0,000	9,625	0,000
9	22,547	3,116	0,565	0,163	0,509	9,707	0,027
10	22,630	3,119	0,630	0,332	1,034	9,730	0,110
11	22,905	3,131	0,695	0,510	1,595	9,805	0,260
12	23,235	3,146	0,760	0,705	2,219	9,895	0,498
13	23,345	3,150	0,825	0,933	2,940	9,925	0,871
14	23,430	3,154	0,890	1,224	3,862	9,948	1,499
15	65,960	4,189	0,955	1,691	7,082	17,548	2,858
Σ	372,669	47,387	7,500	0,000	2,429	150,874	12,245
Index of fit (r)				**0,641**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi lognormal diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk penggantian (TTR) *Grate Plate* yaitu sebesar 0,641.

d. Distribusi Weibull

Pada distribusi Weibull variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.7 dan II.8. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi Weibull.

x_1 = ln (t_i) = ln (20,020) = 2,997

F(t_i) $= \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{15+0.4}$ = 0,045

y_i = ln (-ln($\frac{1}{1-F(t_1)}$)) = ln (-ln($\frac{1}{1-0{,}045}$)) = -3,068

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi\ \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{15(-22{,}874)-(47{,}387\ x\ (-8{,}051))}{\sqrt{[(15\ x\ 150{,}874)-\ 47{,}387^2][(15\ x\ 22{,}854)-(-8{,}051)^2)}}$ = 0,550

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi Weibull ditunjukkan pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 *Least square* TTR *Grate Plate* pada distribusi Weibull

i	t_i(jam)	$x_i = \ln(t_i)$	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	20,020	2,997	0,045	-3,068	-9,194	8,980	9,412
2	20,523	3,022	0,110	-2,146	-6,484	9,130	4,605
3	20,570	3,024	0,175	-1,646	-4,978	9,144	2,710
4	21,123	3,050	0,240	-1,292	-3,940	9,305	1,669
5	21,230	3,055	0,305	-1,010	-3,087	9,336	1,021
6	21,352	3,061	0,370	-0,772	-2,362	9,371	0,595
7	21,546	3,070	0,435	-0,560	-1,720	9,426	0,314
8	22,253	3,102	0,500	-0,367	-1,137	9,625	0,134
9	22,547	3,116	0,565	-0,184	-0,572	9,707	0,034
10	22,630	3,119	0,630	-0,006	-0,019	9,730	0,000
11	22,905	3,131	0,695	0,171	0,536	9,805	0,029
12	23,235	3,146	0,760	0,355	1,116	9,895	0,126
13	23,345	3,150	0,825	0,555	1,747	9,925	0,307
14	23,430	3,154	0,890	0,790	2,492	9,948	0,624
15	65,960	4,189	0,955	1,129	4,727	17,548	1,274
Σ	372,669	47,387	7,500	-8,051	-22,874	150,874	22,854
Index of fit (r)				**0,550**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi weibul diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk penggantian (TTR) *Grate Plate* yaitu sebesar 0,550.

4.2.2.2 *Index of fit Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) Komponen Poros Engkol

Perhitungan *least square* untuk menghitung nilai *index of fit* yang digunakan dalam penentuan distribusi dari data TTF dan TTR komponen Poros Engkol.

1. *Indeks Of Fit Time To Failure*

Perhitungan *index of fit Time To Failure* (TTF) dengan menggunakan distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi lognormal, dan distribusi Weibull dapat menggunakan Persamaan II.10.

a. Distribusi Eksponensial

Pada distribusi eksponensial variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.1 dan II.2. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi eksponensial.

$x_1 = t_1$ = TTF = 176,717

$$F(t_1) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{16+0.4} = 0{,}043$$

$$y_1 = \ln\left(\frac{1}{1-F(t_1)}\right) = \ln\left(\frac{1}{1-0{,}043}\right) = 0{,}044$$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$$= \frac{16(27558{,}630)-(18852{,}011 \, x \, 15{,}184)}{\sqrt{[(16 \, x \, 30994452{,}597)-18852{,}011^2][(16 \, x \, 25{,}694)-15{,}184^2)}}$$

= 0,971

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi eksponensial ditunjukkan pada Tabel 4.26.

Tabel 4.25 *Least square* TTF Poros Engkol pada distribusi eksponensial

i	t_i(jam)	$x_i=t_i$	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	176,717	176,717	0,043	0,044	7,708	31.228,780	0,002
2	262,717	262,717	0,104	0,109	28,750	69.020,047	0,012
3	339,960	339,960	0,165	0,180	61,154	115.572,802	0,032
4	555,423	555,423	0,226	0,256	142,010	308.495,079	0,065
5	628,654	628,654	0,287	0,338	212,292	395.205,852	0,114
6	660,583	660,583	0,348	0,427	282,094	436.370,340	0,182
7	830,598	830,598	0,409	0,525	436,193	689.893,591	0,276
8	840,680	840,680	0,470	0,634	532,956	706.742,862	0,402
9	1.315,465	1.315,465	0,530	0,756	994,572	1.730.448,342	0,572
10	1.358,684	1.358,684	0,591	0,895	1.216,258	1.846.022,212	0,801
11	1.547,683	1.547,683	0,652	1,057	1.635,615	2.395.323,700	1,117
12	1.564,087	1.564,087	0,713	1,250	1.954,669	2.446.367,101	1,562
13	1.698,664	1.698,664	0,774	1,489	2.529,223	2.885.459,385	2,217
14	2.085,933	2.085,933	0,835	1,804	3.763,085	4.351.117,871	3,255
15	2.213,547	2.213,547	0,896	2,267	5.017,342	4.899.788,846	5,138
16	2.772,615	2.772,615	0,957	3,154	8.744,708	7.687.395,787	9,947
Σ	18.852,011	18.852,011	8,000	15,184	27.558,630	30.994.452,597	25,694
Index of fit (r)				**0,971**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi ekponensial diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan Poros Engkol yaitu sebesar 0,971.

b. Distribusi Normal

Pada distribusi normal variabel x dan y dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.3 dan II.4. Berikut merupakan contoh perhitungan jika i = 1 pada distribusi normal.

x_1 = t_1 = TTF = 176,717

F(t_1) $= \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{16+0.4}$ = 0,043

y_1 = $Z_1 = \Phi^{-1}[F(t_1)] = \Phi^{-1}[0,043]$ = -1,720

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{16(10523,649)-(18852,011\ x\ 0)}{\sqrt{[(16\ x\ 30994452,597)-\ 18852,011^2][(16\ x\ 13,199)-0^2)}}$

= 0,977

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi normal ditunjukkan pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26 *Least square* TTF Poros Engkol pada distribusi normal

i	t_i(jam)	x_i=t_i	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	176,717	176,717	0,043	-1,720	-304,017	31.228,780	2,960
2	262,717	262,717	0,104	-1,261	-331,280	69.020,047	1,590
3	339,960	339,960	0,165	-0,976	-331,661	115.572,802	0,952
4	555,423	555,423	0,226	-0,753	-418,447	308.495,079	0,568
5	628,654	628,654	0,287	-0,563	-354,176	395.205,852	0,317
6	660,583	660,583	0,348	-0,392	-258,892	436.370,340	0,154
7	830,598	830,598	0,409	-0,231	-192,127	689.893,591	0,054
8	840,680	840,680	0,470	-0,076	-64,309	706.742,862	0,006
9	1.315,465	1.315,465	0,530	0,076	100,628	1.730.448,342	0,006
10	1.358,684	1.358,684	0,591	0,231	314,279	1.846.022,212	0,054
11	1.547,683	1.547,683	0,652	0,392	606,558	2.395.323,700	0,154
12	1.564,087	1.564,087	0,713	0,563	881,188	2.446.367,101	0,317
13	1.698,664	1.698,664	0,774	0,753	1.279,745	2.885.459,385	0,568
14	2.085,933	2.085,933	0,835	0,976	2.035,013	4.351.117,871	0,952
15	2.213,547	2.213,547	0,896	1,261	2.791,232	4.899.788,846	1,590
16	2.772,615	2.772,615	0,957	1,720	4.769,914	7.687.395,787	2,960
Σ	18.852,011	18.852,011	8,000	0,000	10.523,649	30.994.452,597	13,199
Index of fit (r)				**0.977**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi normal diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan (TTF) Poros Engkol yaitu sebesar 0,977.

c. Distribusi Lognormal

Pada distribusi lognormal variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.5 dan II.6. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi lognormal.

x_1 = ln (t_i) = ln (176,717) = 5,175

F(t_i) $= \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{16+0.4}$ = 0,043

y_1 $= Z_1 = \Phi^{-1}[F_{(t_1)}] = \Phi^{-1}[0,043] = -1,720$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi) - (\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n \sum xi^2 - (\sum xi)^2][n \sum yi^2 - (\sum yi)^2]}}$

$= \frac{16(11,031) - (109,093\ x\ 0)}{\sqrt{[(16\ x\ 753,514) - 109,093^2][(16\ x\ 13,199) - 0^2)}}$

$= 0,976$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi lognormal ditunjukkan pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 *Least square* TTF Poros Engkol pada distribusi lognormal

i	t_i(jam)	x_i= ln (t_i)	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	176,717	5,175	0,043	-1,720	-8,902	26,776	2,960
2	262,717	5,571	0,104	-1,261	-7,025	31,037	1,590
3	339,960	5,829	0,165	-0,976	-5,687	33,975	0,952
4	555,423	6,320	0,226	-0,753	-4,761	39,939	0,568
5	628,654	6,444	0,287	-0,563	-3,630	41,520	0,317
6	660,583	6,493	0,348	-0,392	-2,545	42,161	0,154
7	830,598	6,722	0,409	-0,231	-1,555	45,187	0,054
8	840,680	6,734	0,470	-0,076	-0,515	45,350	0,006
9	1.315,465	7,182	0,530	0,076	0,549	51,580	0,006
10	1.358,684	7,214	0,591	0,231	1,669	52,046	0,054
11	1.547,683	7,345	0,652	0,392	2,878	53,942	0,154
12	1.564,087	7,355	0,713	0,563	4,144	54,097	0,317
13	1.698,664	7,438	0,774	0,753	5,603	55,318	0,568
14	2.085,933	7,643	0,835	0,976	7,456	58,415	0,952
15	2.213,547	7,702	0,896	1,261	9,712	59,326	1,590
16	2.772,615	7,928	0,957	1,720	13,638	62,846	2,960
Σ	18.852,011	109,093	8,000	0,000	11,031	753,514	13,199
Index of fit (r)				**0.976**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi lognormal diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan (TTF) Poros Engkol yaitu sebesar 0,976.

d. Distribusi Weibull

Pada distribusi Weibull variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.7 dan II.8. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi Weibull.

$x_1 = \ln(t_i) = \ln(176,717) = 5,175$

$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{16+0.4} = 0,043$

$y_i = \ln(-\ln(\frac{1}{1-F(t_1)})) = \ln(-\ln(\frac{1}{1-0,043})) = -3,132$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{16(-44{,}953)-(109{,}093\ x\ (-8{,}617))}{\sqrt{[(16\ x\ 753{,}514)-\ 109{,}093^2][(16\ x\ 24{,}672)-(-8{,}617)^2)}}$

$= 0{,}991$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi Weibull ditunjukkan pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 *Least square* TTF Poros Engkol pada distribusi Weibull

i	t_i(jam)	x_i= ln (t_i)	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	176,717	5,175	0,043	-3,132	-16,208	26,776	9,811
2	262,717	5,571	0,104	-2,212	-12,326	31,037	4,895
3	339,960	5,829	0,165	-1,715	-9,999	33,975	2,943
4	555,423	6,320	0,226	-1,364	-8,619	39,939	1,860
5	628,654	6,444	0,287	-1,086	-6,995	41,520	1,179
6	660,583	6,493	0,348	-0,851	-5,525	42,161	0,724
7	830,598	6,722	0,409	-0,644	-4,329	45,187	0,415
8	840,680	6,734	0,470	-0,456	-3,069	45,350	0,208
9	1315,465	7,182	0,530	-0,280	-2,008	51,580	0,078
10	1358,684	7,214	0,591	-0,111	-0,799	52,046	0,012
11	1547,683	7,345	0,652	0,055	0,406	53,942	0,003
12	1564,087	7,355	0,713	0,223	1,640	54,097	0,050
13	1698,664	7,438	0,774	0,398	2,961	55,318	0,158
14	2085,933	7,643	0,835	0,590	4,510	58,415	0,348
15	2213,547	7,702	0,896	0,818	6,303	59,326	0,670
16	2772,615	7,928	0,957	1,149	9,106	62,846	1,319
Σ	18.852,011	109,093	8,000	-8,617	-44,953	753,514	24,672
Index of fit (r)				**0.991**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi weibul diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan (TTF) Poros Engkol yaitu sebesar 0,991.

2. *Indeks Of Fit Time To Repair*

Perhitungan *index of fit Time To Repair* (TTR) dengan menggunakan distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi lognormal, dan distribusi Weibull dapat menggunakan Persamaan II.10.

a. Distribusi Eksponensial

Pada distribusi eksponensial variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.1 dan II.2. Berikut merupakan contoh perhitungan jika i = 1 pada distribusi eksponensial.

$x_1 = t_1$ = TTR = 15,670

$F(t_1) \quad = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{16+0.4} = 0,043$

$y_1 \quad = \ln\left(\frac{1}{1-F(t_1)}\right) = \ln\left(\frac{1}{1-0,043}\right) = 0,044$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{16(352,789)-(334,767\ x\ 15,184)}{\sqrt{[(16\ x\ 7136,588)-334,767^2][(16\ x\ 25,694)-15,184^2)}}$

$= 0,908$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi eksponensial ditunjukkan pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29 *Least square* TTR Poros Engkol pada distribusi eksponensial

i	**t_i(jam)**	**$x_i=t_i$**	**F (t_i)**	**y_i**	**$x_i.y_i$**	**x_i^2**	**y_i^2**
1	15,670	15,670	0,043	0,044	0,684	245,549	0,002
2	16,870	16,870	0,104	0,109	1,846	284,597	0,012
3	17,570	17,570	0,165	0,180	3,161	308,705	0,032
4	18,241	18,241	0,226	0,256	4,664	332,734	0,065
5	19,002	19,002	0,287	0,338	6,417	361,061	0,114
6	19,330	19,330	0,348	0,427	8,255	373,649	0,182
7	19,950	19,950	0,409	0,525	10,477	398,002	0,276
8	20,533	20,533	0,470	0,634	13,017	421,604	0,402
9	22,250	22,250	0,530	0,756	16,822	495,062	0,572
10	22,500	22,500	0,591	0,895	20,141	506,250	0,801
11	22,566	22,566	0,652	1,057	23,848	509,224	1,117
12	22,650	22,650	0,713	1,250	28,306	513,022	1,562
13	23,435	23,435	0,774	1,489	34,894	549,199	2,217
14	23,560	23,560	0,835	1,804	42,503	555,074	3,255
15	24,750	24,750	0,896	2,267	56,100	612,563	5,138
16	25,890	25,890	0,957	3,154	81,656	670,292	9,947
Σ	334,767	334,767	8,000	15,184	352,789	7.136,588	25,694
Index of fit I				**0,908**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi ekponensial diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk perbaikan (TTR) Poros Engkol yaitu sebesar 0,908.

b. Distribusi Normal

Pada distribusi normal 70ariable *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.3 dan II.4. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi normal.

$X_1 \quad = t_1$ = TTF = 15,670

$F(t_1) \quad = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{16+0.4} = 0{,}043$

$y_1 \quad = Z_1 = \Phi^{-1}[F_{(t_1)}] = \Phi^{-1}[0{,}043] = -1{,}720$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{16(41{,}320)-(334{,}767 \; x \; 0)}{\sqrt{[(16 \; x \; 7136{,}588)- 334{,}767^2][(16 \; x \; 13{,}199)-0^2)}}$

$= 0{,}989$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi normal ditunjukkan pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30 *Least square* TTR Poros Engkol pada distribusi normal

i	t_i(jam)	x_i=t_i	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	15,670	15,670	0,043	-1,720	-26,958	245,549	2,960
2	16,870	16,870	0,104	-1,261	-21,273	284,597	1,590
3	17,570	17,570	0,165	-0,976	-17,141	308,705	0,952
4	18,241	18,241	0,226	-0,753	-13,742	332,734	0,568
5	19,002	19,002	0,287	-0,563	-10,705	361,061	0,317
6	19,330	19,330	0,348	-0,392	-7,576	373,649	0,154
7	19,950	19,950	0,409	-0,231	-4,615	398,002	0,054
8	20,533	20,533	0,470	-0,076	-1,571	421,604	0,006
9	22,250	22,250	0,530	0,076	1,702	495,062	0,006
10	22,500	22,500	0,591	0,231	5,204	506,250	0,054
11	22,566	22,566	0,652	0,392	8,844	509,224	0,154
12	22,650	22,650	0,713	0,563	12,761	513,022	0,317
13	23,435	23,435	0,774	0,753	17,656	549,199	0,568
14	23,560	23,560	0,835	0,976	22,985	555,074	0,952
15	24,750	24,750	0,896	1,261	31,209	612,563	1,590
16	25,890	25,890	0,957	1,720	44,540	670,292	2,960
Σ	334,767	334,767	8,000	0,000	41,320	7136,588	13,199
Index of fit I				**0,989**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi normal diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk perbaikan (TTR) Poros Engkol yaitu sebesar 0,989.

c. Distribusi Lognormal

Pada distribusi lognormal 71ariable *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.5 dan II.6. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi lognormal.

$X_1 = \ln (t_i) = \ln (15{,}670) = 2{,}752$

$F(t_i) \quad = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{16+0.4} = 0{,}043$

$y_1 \quad = Z_1 = \Phi^{-1}[F_{(t_1)}] = \Phi^{-1}[0{,}043] = -1{,}720$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{16(2{,}016)-(48{,}498\ x\ 0)}{\sqrt{[(16\ x\ 147{,}318)-48{,}498^2][(16\ x\ 13{,}199)-0^2)}}$

$= 0{,}985$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi lognormal ditunjukkan pada Tabel 4.32.

Tabel 4.31 *Least square* TTR Poros Engkol pada distribusi lognormal

i	t_i(jam)	x_i= ln (t_i)	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	15,670	2,752	0,043	-1,720	-4,734	7,572	2,960
2	16,870	2,826	0,104	-1,261	-3,563	7,984	1,590
3	17,570	2,866	0,165	-0,976	-2,796	8,215	0,952
4	18,241	2,904	0,226	-0,753	-2,188	8,431	0,568
5	19,002	2,945	0,287	-0,563	-1,659	8,670	0,317
6	19,330	2,962	0,348	-0,392	-1,161	8,771	0,154
7	19,950	2,993	0,409	-0,231	-0,692	8,959	0,054
8	20,533	3,022	0,470	-0,076	-0,231	9,133	0,006
9	22,250	3,102	0,530	0,076	0,237	9,625	0,006
10	22,500	3,114	0,591	0,231	0,720	9,694	0,054
11	22,566	3,116	0,652	0,392	1,221	9,712	0,154
12	22,650	3,120	0,713	0,563	1,758	9,735	0,317
13	23,435	3,154	0,774	0,753	2,376	9,949	0,568
14	23,560	3,160	0,835	0,976	3,082	9,983	0,952
15	24,750	3,209	0,896	1,261	4,046	10,297	1,590
16	25,890	3,254	0,957	1,720	5,598	10,588	2,960
Σ	334,767	48,498	8,000	0,000	2,016	147,318	13,199
Index of fit I				**0,985**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi lognormal diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk perbaikan (TTR) Poros Engkol yaitu sebesar 0,985.

d. Distribusi Weibull

Pada distribusi Weibull 72ariable *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.7 dan II.8. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi Weibull.

X_1 = ln (t_i) = ln (15,670) = 2,752

$F(t_i) \quad = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{16+0.4} = 0{,}043$

$y_i = \ln(-\ln(\frac{1}{1-F(t_1)})) = \ln(-\ln(\frac{1}{1-0{,}043})) = -3{,}132$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{16(-23{,}631)-(48{,}498\ x\ (-8{,}617))}{\sqrt{[(16\ x\ 147{,}318)-48{,}498^2][(16\ x\ 24{,}672)-(-8{,}617)^2)}}$

= 0,987

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi Weibull ditunjukkan pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32 *Least square* TTR Poros Engkol pada distribusi Weibull

i	t_i**(jam)**	x_i**= ln (**t_i**)**	**F (**t_i**)**	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	15,670	2,752	0,043	-3,132	-8,619	7,572	9,811
2	16,870	2,826	0,104	-2,212	-6,251	7,984	4,895
3	17,570	2,866	0,165	-1,715	-4,917	8,215	2,943
4	18,241	2,904	0,226	-1,364	-3,960	8,431	1,860
5	19,002	2,945	0,287	-1,086	-3,197	8,670	1,179
6	19,330	2,962	0,348	-0,851	-2,520	8,771	0,724
7	19,950	2,993	0,409	-0,644	-1,928	8,959	0,415
8	20,533	3,022	0,470	-0,456	-1,377	9,133	0,208
9	22,250	3,102	0,530	-0,280	-0,868	9,625	0,078
10	22,500	3,114	0,591	-0,111	-0,345	9,694	0,012
11	22,566	3,116	0,652	0,055	0,172	9,712	0,003
12	22,650	3,120	0,713	0,223	0,696	9,735	0,050
13	23,435	3,154	0,774	0,398	1,256	9,949	0,158
14	23,560	3,160	0,835	0,590	1,864	9,983	0,348
15	24,750	3,209	0,896	0,818	2,626	10,297	0,670
16	25,890	3,254	0,957	1,149	3,738	10,588	1,319
Σ	334,767	48,498	8,000	-8,617	-23,631	147,318	24,672
Index of fit I				**0,987**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi weibul diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk perbaikan (TTR) Poros Engkol yaitu sebesar 0,987.

4.2.2.3 *Index of fit Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) Komponen *Bearing Motor*

Perhitungan *least square* untuk menghitung nilai *index of fit* yang digunakan dalam penentuan distribusi dari data TTF dan TTR komponen *Bearing Motor*.

1. *Indeks Of Fit Time To Failure*

Perhitungan *index of fit Time To Failure* (TTF) dengan menggunakan distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi lognormal, dan distribusi Weibull dapat menggunakan Persamaan II.10.

a. Distribusi Eksponensial

Pada distribusi eksponensial 74ariable *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.1 dan II.2. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi eksponensial.

$X_1 = t_1$ = TTF = 1619,364

$F(t_1) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{3+0.4} = 0,206$

$y_1 = \ln\left(\frac{1}{1-F(t_1)}\right) = \ln\left(\frac{1}{1-0,206}\right) = 0,231$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{3(11047,332)-(9774,357 \ x \ 2,504)}{\sqrt{[(3 \ x \ 40877819,043) - 9774,357^2][(3 \ x \ 3,031)-2,504^2)}}$

= 0,991

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi eksponensial ditunjukkan pada Tabel 4.33.

Tabel 4.33 *Least square* TTF *Bearing Motor* pada distribusi eksponensial

i	t_i(jam)	$x_i=t_i$	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	1.619,364	1.619,364	0,206	0,231	373,302	2.622.339,764	0,053
2	2.495,800	2.495,800	0,500	0,693	1729,957	6.229.017,640	0,480
3	5.659,193	5.659,193	0,794	1,580	8944,073	32.026.461,638	2,498
Σ	9.774,357	9.774,357	1,500	2,504	11047,332	40.877.819,043	3,031
Index of fit I				**0,991**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi ekponensial diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan *Bearing Motor* yaitu sebesar 0,991.

b. Distribusi Normal

Pada distribusi normal 74ariable *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.3 dan II.4. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi normal.

$X_1 = t_1$ = TTF = 1619,364

$F(t_1) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{3+0.4} = 0,206$

$y_1 = Z_1 = \Phi^{-1}[F_{(t_1)}] = \Phi^{-1}[0,206] = -0,821$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{3(3315,859)-(9774,357 \ x \ 0)}{\sqrt{[(3 \ x \ 40877819,043)- 9774,357^2][(3 \ x \ 1,347)-0^2)}} = 0,951$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi normal ditunjukkan pada Tabel 4.34.

Tabel 4.34 *Least square* TTF *Bearing Motor* pada distribusi normal

i	**t_i(jam)**	**x_i=t_i**	**F (t_i)**	**y_i**	**$x_i.y_i$**	**x_i^2**	**y_i^2**
1	1619,364	1619,364	0,206	-0,821	-1329,161	2622339,764	0,674
2	2495,800	2495,800	0,500	0,000	0,000	6229017,640	0,000
3	5659,193	5659,193	0,794	0,821	4645,021	32026461,638	0,674
Σ	9774,357	9774,357	1,500	0,000	3315,859	40877819,043	1,347
Index of fit I				**0.951**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi normal diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan (TTF) *Bearing Motor* yaitu sebesar 0,951.

c. Distribusi Lognormal

Pada distribusi lognormal 75ariable *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.5 dan II.6. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi lognormal.

$X_1 = \ln(t_i) = \ln(1619{,}364) = 7{,}390$

$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{3+0.4} = 0{,}206$

$y_1 = Z_1 = \Phi^{-1}[F(t_1)] = \Phi^{-1}[0{,}206] = -0{,}821$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{3(1{,}027)-(23{,}853\ x\ 0)}{\sqrt{[(3\ x\ 190{,}466)-23{,}853^2][(3x\ 1{,}347)-0^2)}}$

$= 0{,}985$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi lognormal ditunjukkan pada Tabel 4.35.

Tabel 4.35 *Least square* TTF *Bearing Motor* pada distribusi lognormal

i	**t_i(jam)**	**x_i= ln (t_i)**	**F (t_i)**	*y_i*	*$x_i.y_i$*	*x_i^2*	*y_i^2*
1	1.619,364	7,390	0,206	-0,821	-6,065	54,609	0,674
2	2.495,800	7,822	0,500	0,000	0,000	61,189	0,000
3	5.659,193	8,641	0,794	0,821	7,092	74,668	0,674
Σ	9.774,357	23,853	1,500	0,000	1,027	190,466	1,347
Index of fit (r)				**0,985**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi lognormal diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan (TTF) *Bearing Motor* yaitu sebesar 0,985.

d. **Distribusi Weibull**

Pada distribusi Weibull variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.7 dan II.8. Berikut merupakan contoh perhitungan jika i = 1 pada distribusi Weibull.

$x_1 = \ln(t_i) = \ln(1619{,}364) = 7{,}390$

$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{3+0.4} = 0{,}206$

$y_i = \ln(-\ln(\frac{1}{1-F(t_1)})) = \ln(-\ln(\frac{1}{1-0{,}206})) = -1{,}467$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{3(-9{,}756)-(23{,}853 \ x\ (-1{,}376))}{\sqrt{[(3\ x\ 190{,}446)-23{,}853^2][(3\ x\ 2{,}497)-(-1{,}376)^2)}}$

$= 0{,}967$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi Weibull ditunjukkan pada Tabel 4.36.

Tabel 4.36 *Least square* TTF *Bearing Motor* pada distribusi Weibull

i	t_i(jam)	$x_i = \ln(t_i)$	$F(t_i)$	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	1.619,364	7,390	0,206	-1,467	-10,844	54,609	2,153
2	2.495,800	7,822	0,500	-0,367	-2,867	61,189	0,134
3	5.659,193	8,641	0,794	0,458	3,955	74,668	0,209
Σ	9.774,357	23,853	1,500	-1,376	-9,756	190,466	2,497
Index of fit (r)				**0,967**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi weibul diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan (TTF) *Bearing Motor* yaitu sebesar 0,967.

2. ***Indeks Of Fit Time To Repair***

Perhitungan *index of fit Time To Repair* (TTR) dengan menggunakan distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi lognormal, dan distribusi Weibull dapat menggunakan Persamaan II.10.

a. **Distribusi Eksponensial**

Pada distribusi eksponensial variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.1 dan II.2. Berikut merupakan contoh perhitungan jika i = 1 pada distribusi eksponensial.

$x_1 = t_1 = TTR = 5{,}124$

$F(t_1) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{3+0.4} = 0{,}206$

$y_1 \quad = \ln\left(\frac{1}{1-F(t_1)}\right) = \ln\left(\frac{1}{1-0{,}206}\right) = 0{,}231$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{3(14{,}700)-(16{,}620 \ x \ 2{,}504)}{\sqrt{[(3 \ x \ 92{,}852)- 16{,}620^2][(3 \ x \ 3{,}031)-2{,}504^2)}}$

$= 0{,}969$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi eksponensial ditunjukkan pada Tabel 4.37.

Tabel 4. 37 *Least square* TTR *Bearing Motor* pada distribusi eksponensial

i	t_i(jam)	x_i=t_i	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	5,124	5,124	0,206	0,231	1,181	26,255	0,053
2	5,241	5,241	0,500	0,693	3,633	27,468	0,480
3	6,255	6,255	0,794	1,580	9,886	39,129	2,498
Σ	16,620	16,620	1,500	2,504	14,700	92,852	3,031
Index of fit (r)				**0,969**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi ekponensial diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk penggantian (TTR) *Bearing Motor* yaitu sebesar 0,969.

b. Distribusi Normal

Pada distribusi normal variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.3 dan II.4. Berikut merupakan contoh perhitungan jika i = 1 pada distribusi normal.

$x_1 \quad = t_1$ = TTF = 5,124

$F(t_1) \quad = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{3+0.4} = 0{,}206$

$y_1 \quad = Z_1 = \Phi^{-1}[F(t_1)] = \Phi^{-1}[0{,}206] = -0{,}821$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{3(0{,}929)-(16{,}620 \ x \ 0)}{\sqrt{[(3 \ x \ 92{,}852)- 16{,}620^2][(3 \ x \ 1{,}347)-0^2)}}$

$= 0{,}909$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi normal ditunjukkan pada Tabel 4.38.

Tabel 4.38 *Least square* TTR *Bearing Motor* pada distribusi normal

i	t_i(jam)	x_i=t_i	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	5,124	5,124	0,206	-0,821	-4,206	26,255	0,674
2	5,241	5,241	0,500	0,000	0,000	27,468	0,000
3	6,255	6,255	0,794	0,821	5,134	39,129	0,674
Σ	16,620	16,620	1,500	0,000	0,929	92,852	1,347
Index of fit (r)				**0,909**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi normal diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk penggantian (TTR) *Bearing Motor* yaitu sebesar 0,909.

c. Distribusi Lognormal

Pada distribusi lognormal variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.5 dan II.6. Berikut merupakan contoh perhitungan jika i = 1 pada distribusi lognormal.

x_1 = ln (t_i) = ln (5,124) = 1,634

$$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{3+0.4} = 0{,}206$$

$$y_1 = Z_1 = \Phi^{-1}[F_{(t_1)}] = \Phi^{-1}[0{,}206] = -0{,}821$$

maka, $$r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$$

$$= \frac{3(0{,}164)-(5{,}124\ x\ 0)}{\sqrt{[(3x\ 8{,}775)-\ 5{,}124^2][(3\ x\ 1{,}347)-0^2)}}$$

= 0,913

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi lognormal ditunjukkan pada Tabel 4.39.

Tabel 4.39 *Least square* TTR *Bearing Motor* pada distribusi lognormal

i	t_i(jam)	x_i= ln (t_i)	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	5,124	1,634	0,206	-0,821	-1,341	2,670	0,674
2	5,241	1,657	0,500	0,000	0,000	2,744	0,000
3	6,255	1,833	0,794	0,821	1,505	3,361	0,674
Σ	16,620	5,124	1,500	0,000	0,164	8,775	1,347
Index of fit (r)				**0,913**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi lognormal diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk penggantian (TTR) *Bearing Motor* yaitu sebesar 0,913.

d. **Distribusi Weibull**

Pada distribusi Weibull variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.7 dan II.8. Berikut merupakan contoh perhitungan jika i = 1 pada distribusi Weibull.

$x_1 = \ln(t_i) = \ln(5{,}124) = 1{,}634$

$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{3+0.4} = 0{,}206$

$y_i = \ln(-\ln(\frac{1}{1-F(t_1)})) = \ln(-\ln(\frac{1}{1-0{,}206})) = -1{,}467$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{3(-2{,}166)-(5{,}124\ x\ (-1{,}376))}{\sqrt{[(3\ x\ 8{,}775)-5{,}124^2][(3\ x\ 2{,}497)-(-1{,}376)^2)}}$

$= 0{,}876$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi Weibull ditunjukkan pada Tabel 4.40.

Tabel 4.40 *Least square* TTR *Bearing Motor* pada distribusi Weibull

i	**t_i(jam)**	**x_i= ln (t_i)**	**F (t_i)**	***y_i***	***$x_i.y_i$***	***x_i^2***	***y_i^2***
1	5,124	1,634	0,206	-1,467	-2,398	2,670	2,153
2	5,241	1,657	0,500	-0,367	-0,607	2,744	0,134
3	6,255	1,833	0,794	0,458	0,839	3,361	0,209
Σ	16,620	5,124	1,500	-1,376	-2,166	8,775	2,497
Index of fit (r)				**0,876**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi weibul diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk penggantian (TTR) *Bearing Motor* yaitu sebesar 0,876.

4.2.2.4 *Index of fit Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) Komponen Rotor

Perhitungan *least square* untuk menghitung nilai *index of fit* yang digunakan dalam penentuan distribusi dari data TTF dan TTR komponen *Rotor*.

1. ***Indeks Of Fit Time To Failure***

Perhitungan *index of fit Time To Failure* (TTF) dengan menggunakan distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi lognormal, dan distribusi Weibull dapat menggunakan Persamaan II.10.

a. Distribusi Eksponensial

Pada distribusi eksponensial variabel x dan y dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.1 dan II.2. Berikut merupakan contoh perhitungan jika i = 1 pada distribusi eksponensial.

$x_1 = t_1$ = TTF = 2129,074

$F(t_1) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{5+0.4} = 0{,}130$

$y_1 = \ln\left(\frac{1}{1-F(t_1)}\right) = \ln\left(\frac{1}{1-0{,}130}\right) = 0{,}139$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{5(25974{,}357)-(22295{,}480\ x\ 4{,}409)}{\sqrt{[(5\ x\ 119711508{,}112)\ -\ 22295{,}480^2][(5\ x\ 6{,}153)-4{,}409^2)}}$

$= 0{,}931$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi eksponensial ditunjukkan pada Tabel 4.41.

Tabel 4.41 *Least square* TTF *Rotor* pada distribusi eksponensial

i	t_i(jam)	$x_i=t_i$	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	2.129,074	2.129,074	0,130	0,139	295,593	4.532.954,678	0,019
2	3.007,449	3.007,449	0,315	0,378	1137,014	9.044.747,483	0,143
3	3.426,777	3.426,777	0,500	0,693	2375,261	11.742.799,237	0,480
4	6.637,383	6.637,383	0,685	1,156	7671,293	44.054.857,514	1,336
5	7.094,797	7.094,797	0,870	2,043	14495,195	50.336.149,201	4,174
Σ	22.295,480	22.295,480	2,500	4,409	25974,357	119.711.508,112	6,153
Index of fit (r)				**0,931**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi ekponensial diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan *Rotor* yaitu sebesar 0,931.

b. Distribusi Normal

Pada distribusi normal variabel x dan y dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.3 dan II.4. Berikut merupakan contoh perhitungan jika i = 1 pada distribusi normal.

$x_1 = t_1$ = TTF = 2129,074

$F(t_1) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{5+0.4} = 0{,}130$

$y_1 = Z_1 = \Phi^{-1}[F_{(t_1)}] = \Phi^{-1}[0{,}130] = -1{,}128$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{5(7352,579)-(22295,480\ x\ 0)}{\sqrt{[(5\ x\ 119711508,112)-\ 22295,480^2][(5\ x\ 3,011)-0^2)}}$

= 0,941

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi normal ditunjukkan pada Tabel 4.42.

Tabel 4.42 *Least square* TTF *Rotor* pada distribusi normal

i	**t_i(jam)**	**$x_i=t_i$**	**F (t_i)**	**y_i**	**$x_i.y_i$**	**x_i^2**	**y_i^2**
1	2.129,074	2.129,074	0,130	-1,128	-2401,901	4.532.954,678	1,273
2	3.007,449	3.007,449	0,315	-0,482	-1450,337	9.044.747,483	0,233
3	3.426,777	3.426,777	0,500	0,000	0,000	11.742.799,237	0,000
4	6.637,383	6.637,383	0,685	0,482	3200,866	44.054.857,514	0,233
5	7.094,797	7.094,797	0,870	1,128	8003,951	50.336.149,201	1,273
Σ	22.295,480	22.295,480	2,500	0,000	7352,579	119.711.508,112	3,011
Index of fit (r)				**0.941**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi normal diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan (TTF) *Rotor* yaitu sebesar 0,941.

c. Distribusi Lognormal

Pada distribusi lognormal variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.5 dan II.6. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi lognormal.

x_1 = ln (t_i) = ln (2129,074) = 7,663

F(t_i) $= \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{5+0.4}$ = 0,130

y_1 = $Z_1 = \Phi^{-1}[F_{(t_1)}] = \Phi^{-1}[0,130] = -1,128$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi\ \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{5(1,740)-(41,479\ x\ 0)}{\sqrt{[(5x\ 345,194)-\ 41,479^2][(5\ x\ 3,011)-0^2)}}$

= 0,961

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi lognormal ditunjukkan pada Tabel 4.43.

Tabel 4.43 *Least square* TTF *Rotor* pada distribusi lognormal

i	**t_i(jam)**	**x_i= ln (t_i)**	**F (t_i)**	**y_i**	**$x_i.y_i$**	**x_i^2**	**y_i^2**
1	2.129,074	7,663	0,130	-1,128	-8,645	58,728	1,273
2	3.007,449	8,009	0,315	-0,482	-3,862	64,142	0,233
3	3.426,777	8,139	0,500	0,000	0,000	66,249	0,000
4	6.637,383	8,800	0,685	0,482	4,244	77,448	0,233

Tabel 4.43 *Least square* TTF Rotor pada distribusi lognormal (Lanjutan)

i	t_i(jam)	x_i= ln (t_i)	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
5	7.094,797	8,867	0,870	1,128	10,003	78,626	1,273
Σ	22.295,480	41,479	2,500	0,000	1,740	345,194	3,011
Index of fit (r)				**0.961**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi lognormal diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan (TTF) *Rotor* yaitu sebesar 0,961.

d. Distribusi Weibull

Pada distribusi Weibull variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.7 dan II.8. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi Weibull.

$x_1 = \ln(t_i) = \ln(2129{,}074) = 7{,}663$

$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{5+0.4} = 0{,}130$

$y_i = \ln(-\ln(\frac{1}{1-F(t_1)})) = \ln(-\ln(\frac{1}{1-0{,}130})) = -1{,}974$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{5(-18{,}295)-(41{,}479\ x\ (-2{,}454))}{\sqrt{[(5\ x\ 345{,}194)-41{,}479^2][(5\ x\ 5{,}510)-(-2{,}454)^2)}}$

$= 0{,}955$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi Weibull ditunjukkan pada Tabel 4.44.

Tabel 4.44 *Least square* TTF *Rotor* pada distribusi Weibull

i	t_i(jam)	x_i= ln (t_i)	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	2.129,074	7,663	0,130	-1,974	-15,131	58,728	3,898
2	3.007,449	8,009	0,315	-0,973	-7,790	64,142	0,946
3	3.426,777	8,139	0,500	-0,367	-2,983	66,249	0,134
4	6.637,383	8,800	0,685	0,145	1,274	77,448	0,021
5	7.094,797	8,867	0,870	0,714	6,335	78,626	0,510
Σ	22.295,480	41,479	2,500	-2,454	-18,295	345,194	5,510
Index of fit (r)				**0.955**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi weibul diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan (TTF) *Rotor* yaitu sebesar 0,955.

2. ***Indeks Of Fit Time To Repair***

Perhitungan *index of fit Time To Repair* (TTR) dengan menggunakan distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi lognormal, dan distribusi Weibull dapat menggunakan Persamaan II.10.

a. Distribusi Eksponensial

Pada distribusi eksponensial variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.1 dan II.2. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi eksponensial.

$x_1 = t_1 =$ TTR = 1,583

$F(t_1) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{5+0.4} = 0{,}130$

$y_1 = \ln\left(\frac{1}{1-F(t_1)}\right) = \ln\left(\frac{1}{1-0{,}130}\right) = 0{,}139$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{5(9{,}521)-(10{,}100 \; x \; 4{,}409)}{\sqrt{[(5 \; x \; 20{,}678)-10{,}100^2][(5 \; x \; 6{,}153)-4{,}409^2)}}$

$= 0{,}779$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi eksponensial ditunjukkan pada Tabel 4.45.

Tabel 4.45 *Least square* TTR *Rotor* pada distribusi eksponensial

i	t_i(jam)	$x_i=t_i$	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	1,583	1,583	0,130	0,139	0,220	2,507	0,019
2	1,987	1,987	0,315	0,378	0,751	3,947	0,143
3	2,097	2,097	0,500	0,693	1,454	4,397	0,480
4	2,210	2,210	0,685	1,156	2,554	4,884	1,336
5	2,223	2,223	0,870	2,043	4,542	4,943	4,174
Σ	10,100	10,100	2,500	4,409	9,521	20,678	6,153
Index of fit (r)				**0,779**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi ekponensial diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk perbaikan (TTR) *Rotor* yaitu sebesar 0,779.

b. Distribusi Normal

Pada distribusi normal variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.3 dan II.4. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi normal.

$x_1 = t_1 =$ TTF = 1,583

$F(t_1) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{5+0.4} = 0{,}130$

$y_1 = Z_1 = \Phi^{-1}[F(t_1)] = \Phi^{-1}[0{,}130] = -1{,}128$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{5(0{,}829)-(10{,}100\ x\ 0)}{\sqrt{[(5\ x\ 20{,}678)-\ 10{,}100^2][(5\ x\ 3{,}011)-0^2)}}$

$= 0{,}911$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi normal ditunjukkan pada Tabel 4.46.

Tabel 4.46 *Least square* TTR *Rotor* pada distribusi normal

i	t_i(jam)	x_i=t_i	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	1,583	1,583	0,130	-1,128	-1,786	2,507	1,273
2	1,987	1,987	0,315	-0,482	-0,958	3,947	0,233
3	2,097	2,097	0,500	0,000	0,000	4,397	0,000
4	2,210	2,210	0,685	0,482	1,066	4,884	0,233
5	2,223	2,223	0,870	1,128	2,508	4,943	1,273
Σ	10,100	10,100	2,500	0,000	0,829	20,678	3,011
Index of fit (r)				**0,911**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi normal diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk perbaikan (TTR) *Rotor* yaitu sebesar 0,911.

c. Distribusi Lognormal

Pada distribusi lognormal variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.5 dan II.6. Berikut merupakan contoh perhitungan jika i = 1 pada distribusi lognormal.

$x_1 = \ln(t_i) = \ln(1{,}583) = 0{,}460$

$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{5+0.4} = 0{,}130$

$y_1 = Z_1 = \Phi^{-1}[F(t_1)] = \Phi^{-1}[0{,}130] = -1{,}128$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{5(0{,}434)-(3{,}479\ x\ 0)}{\sqrt{[(5\ x\ 2{,}498)-\ 3{,}479^2][(5\ x\ 3{,}011)-0^2)}}$

$= 0{,}896$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi lognormal ditunjukkan pada Tabel 4.47.

Tabel 4.47 *Least square* TTR *Rotor* pada distribusi lognormal

i	t_i(jam)	x_i= ln (t_i)	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	1,583	0,460	0,130	-1,128	-0,518	0,211	1,273
2	1,987	0,687	0,315	-0,482	-0,331	0,471	0,233
3	2,097	0,741	0,500	0,000	0,000	0,548	0,000
4	2,210	0,793	0,685	0,482	0,382	0,629	0,233
5	2,223	0,799	0,870	1,128	0,901	0,638	1,273
Σ	10,100	3,479	2,500	0,000	0,434	2,498	3,011
Index of fit (r)				**0,896**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi lognormal diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk perbaikan (TTR) *Rotor* yaitu sebesar 0,896.

d. Distribusi Weibull

Pada distribusi Weibull variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.7 dan II.8. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi Weibull.

x_1 = ln (t_i) = ln (1,583) = 0,460

F(t_i) $= \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{5+0.4}$ = 0,130

y_i = ln (-ln($\frac{1}{1-F(t_1)}$)) = ln (-ln($\frac{1}{1-0{,}130}$)) = -1,974

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{5(-1{,}161)-(3{,}479\ x\ (-2{,}454))}{\sqrt{[(5\ x\ 2{,}498)-\ 3{,}479^2][(5\ x\ 5{,}510)-(-2{,}454)^2)}}$

= 0,943

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi Weibull ditunjukkan pada Tabel 4.48.

Tabel 4.48 *Least square* TTR *Rotor* pada distribusi Weibull

i	t_i(jam)	x_i= ln (t_i)	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	1,583	0,460	0,130	-1,974	-0,907	0,211	3,898
2	1,987	0,687	0,315	-0,973	-0,668	0,471	0,946
3	2,097	0,741	0,500	-0,367	-0,271	0,548	0,134
4	2,210	0,793	0,685	0,145	0,115	0,629	0,021
5	2,223	0,799	0,870	0,714	0,571	0,638	0,510
Σ	10,100	3,479	2,500	-2,454	-1,161	2,498	5,510
Index of fit (r)				**0,943**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi weibul diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk perbaikan (TTR) *Rotor* yaitu sebesar 0,185.

4.2.2.5 *Index of fit Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) Komponen V-belt

Perhitungan *least square* untuk menghitung nilai *index of fit* yang digunakan dalam penentuan distribusi dari data TTF dan TTR komponen *V-belt*.

1. *Indeks Of Fit Time To Failure*

Perhitungan *index of fit Time To Failure* (TTF) dengan menggunakan distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi lognormal, dan distribusi Weibull dapat menggunakan Persamaan II.10.

a. Distribusi Eksponensial

Pada distribusi eksponensial variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.1 dan II.2. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi eksponensial.

$x_1 = t_1$ = TTF = 1357,949

$$F(t_1) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{3+0.4} = 0,206$$

$$y_1 = \ln\left(\frac{1}{1-F(t_1)}\right) = \ln\left(\frac{1}{1-0,206}\right) = 0,231$$

maka, $$r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$$

$$= \frac{3(16641,170)-(15347,085\ x\ 2,504)}{\sqrt{[(3\ x\ 100151482,659)-15347,085^2][(3\ x\ 3,031)-2,504^2)}} = 0,849$$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi eksponensial ditunjukkan pada Tabel 4.49.

Tabel 4.49 *Least square* TTF *V-belt* pada distribusi eksponensial

i	t_i(jam)	$x_i=t_i$	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	1.357,949	1.357,949	0,206	0,231	313,039	1.844.024,581	0,053
2	6.515,253	6.515,253	0,500	0,693	4.516,029	4.244.8525,998	0,480
3	7.473,883	7.473,883	0,794	1,580	11.812,102	55.858.932,080	2,498
Σ	15.347,085	15.347,085	1,500	2,504	16.641,170	100.151.482,659	3,031
Index of fit (r)				**0,849**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi ekponensial diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan *V-belt* yaitu sebesar 0,849.

b. Distribusi Normal

Pada distribusi normal variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.3 dan II.4. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi normal.

$x_1 = t_1$ = TTF = 1357,949

$F(t_1) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{3+0.4} = 0,206$

$y_1 = Z_1 = \Phi^{-1}[F(t_1)] = \Phi^{-1}[0,206] = -0,821$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{3(5019,911)-(15347,085\ x\ 0)}{\sqrt{[(3\ x\ 100151482,659)-\ 15347,085^2][(3\ x\ 1,347)-0^2)}}$

= 0,930

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi normal ditunjukkan pada Tabel 4.50.

Tabel 4.50 *Least square* TTF *V-belt* pada distribusi normal

i	t_i(jam)	$x_i=t_i$	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	1.357,949	1.357,949	0,206	-0,821	-1114,594	1.844.024,581	0,674
2	6.515,253	6.515,253	0,500	0,000	0,000	42.448.525,998	0,000
3	7.473,883	7.473,883	0,794	0,821	6134,504	55.858.932,080	0,674
Σ	15.347,085	15.347,085	1,500	0,000	5019,911	100.151.482,659	1,347
Index of fit (r)				**0,930**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi normal diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan (TTF) *V-belt* yaitu sebesar 0,930.

c. Distribusi Lognormal

Pada distribusi lognormal variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.5 dan II.6. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi lognormal.

$x_1 = \ln(t_i) = \ln(1357,949) = 7,214$

$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{3+0.4} = 0,206$

$y_1 = Z_1 = \Phi^{-1}[F(t_1)] = \Phi^{-1}[0,206] = -0,821$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{3(1,400)-(24,915\ x\ 0)}{\sqrt{[(3\ x\ 208,711)-\ 24,915^2][(3x\ 1,347)-0^2)}} = 0,900$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi lognormal ditunjukkan pada Tabel 4.51.

Tabel 4.51 *Least square* TTF *V-belt* pada distribusi lognormal

i	t_i(jam)	x_i= ln (t_i)	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	1.357,949	7,214	0,206	-0,821	-5,921	52,038	0,674
2	6.515,253	8,782	0,500	0,000	0,000	77,122	0,000
3	7.473,883	8,919	0,794	0,821	7,321	79,552	0,674
Σ	15.347,085	24,915	1,500	0,000	1,400	208,711	1,347
Index of fit (r)				**0,900**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi lognormal diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan (TTF) *V-belt* yaitu sebesar 0,900.

d. Distribusi Weibull

Pada distribusi Weibull variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.7 dan II.8. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi Weibull.

$x_1 = \ln(t_i) = \ln(1357{,}949) = 7{,}214$

$F(t_i) \quad = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{3+0.4} = 0{,}206$

$y_i = \ln(-\ln(\frac{1}{1-F(t_1)})) = \ln(-\ln(\frac{1}{1-0{,}206})) = -1{,}467$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{3(-9{,}722)-(24{,}915\ x\ (-1{,}376))}{\sqrt{[(3\ x\ 208{,}711)-24{,}915^2][(3\ x\ 2{,}497)-(-1{,}376)^2)}} \quad = 0{,}933$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi Weibull ditunjukkan pada Tabel 4.52.

Tabel 4.52 *Least square* TTF *V-belt* pada distribusi Weibull

i	t_i(jam)	x_i= ln (t_i)	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	1357,949	7,214	0,206	-1,467	-10,585	52,038	2,153
2	6515,253	8,782	0,500	-0,367	-3,219	77,122	0,134
3	7473,883	8,919	0,794	0,458	4,082	79,552	0,209
Σ	15347,085	24,915	1,500	-1,376	-9,722	208,711	2,497
Index of fit (r)				**0.933**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi weibul diperoleh *index of fit (r)* untuk selang waktu antar kerusakan (TTF) *V-belt* yaitu sebesar 0,933.

2. *Indeks Of Fit Time To Repair*

Perhitungan *index of fit Time To Repair* (TTR) dengan menggunakan distribusi eksponensial, distribusi normal, distribusi lognormal, dan distribusi Weibull dapat menggunakan Persamaan II.10.

a. Distribusi Eksponensial

Pada distribusi eksponensial variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.1 dan II.2. Berikut merupakan contoh perhitungan jika i = 1 pada distribusi eksponensial.

$x_1 = t_1$ = TTR = 1,430

$F(t_1) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{3+0.4} = 0{,}206$

$y_1 = \ln\left(\frac{1}{1-F(t_1)}\right) = \ln\left(\frac{1}{1-0{,}206}\right) = 0{,}231$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{3(5{,}553)-(5{,}727\ x\ 2{,}504)}{\sqrt{[(3\ x\ 11{,}567)-5{,}727^2][(3\ x\ 3{,}031)-2{,}504^2)}}$

$= 0{,}999$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi eksponensial ditunjukkan pada Tabel 4.53.

Tabel 4.53 *Least square* TTR *V-belt* pada distribusi eksponensial

i	t_i(jam)	$x_i=t_i$	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	1,430	1,430	0,206	0,231	0,330	2,045	0,053
2	1,767	1,767	0,500	0,693	1,225	3,121	0,480
3	2,530	2,530	0,794	1,580	3,999	6,401	2,498
Σ	5,727	5,727	1,500	2,504	5,553	11,567	3,031
Index of fit (r)				**0,999**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi ekponensial diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk perbaikan (TTR) *V-belt* yaitu sebesar 0,999.

b. Distribusi Normal

Pada distribusi normal variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.3 dan II.4. Berikut merupakan contoh perhitungan jika i = 1 pada distribusi normal.

$x_1 = t_1$ = TTF = 1,430

$F(t_1) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{3+0.4} = 0{,}206$

$y_1 \quad = Z_1 = \Phi^{-1}[F(t_1)] = \Phi^{-1}[0{,}206] = -0{,}821$

maka, $r = \dfrac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \dfrac{3(0{,}903)-(5{,}727\ x\ 0)}{\sqrt{[(3\ x\ 11{,}567)-\ 5{,}727^2][(3\ x\ 1{,}347)-0^2)}}$

$= 0{,}976$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi normal ditunjukkan pada Tabel 4.54.

Tabel 4.54 *Least square* TTR *V-belt* pada distribusi normal

i	**t_i(jam)**	**x_i=t_i**	**F (t_i)**	**y_i**	**$x_i.y_i$**	**x_i^2**	**y_i^2**
1	1,430	1,430	0,206	-0,821	-1,174	2,045	0,674
2	1,767	1,767	0,500	0,000	0,000	3,121	0,000
3	2,530	2,530	0,794	0,821	2,077	6,401	0,674
Σ	5,727	5,727	1,500	0,000	0,903	11,567	1,347
Index of fit (r)				**0,976**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi normal diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk perbaikan (TTR) *V-belt* yaitu sebesar 0,976.

c. Distribusi Lognormal

Pada distribusi lognormal variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.5 dan II.6. Berikut merupakan contoh perhitungan jika *i* = 1 pada distribusi lognormal.

$x_1 = \ln(t_i) = \ln(1{,}430) = 0{,}358$

$F(t_i) \quad = \dfrac{i-0.3}{n+0.4} = \dfrac{1-0.3}{3+0.4} = 0{,}206$

$y_1 \quad = Z_1 = \Phi^{-1}[F(t_1)] = \Phi^{-1}[0{,}206] = -0{,}821$

maka, $r = \dfrac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \dfrac{3(0{,}468)-(1{,}855\ x\ 0)}{\sqrt{[(3x\ 1{,}313)-\ 1{,}855^2][(3\ x\ 1{,}347)-0^2)}}$

$= 0{,}989$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi lognormal ditunjukkan pada Tabel 4.55.

Tabel 4.55 *Least square* TTR *V-belt* pada distribusi lognormal

i	t_i(jam)	x_i= ln (t_i)	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	1,430	0,358	0,206	-0,821	-0,294	0,128	0,674
2	1,767	0,569	0,500	0,000	0,000	0,324	0,000
3	2,530	0,928	0,794	0,821	0,762	0,862	0,674
Σ	5,727	1,855	1,500	0,000	0,468	1,313	1,347
Index of fit (r)				**0,989**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi lognormal diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk perbaikan (TTR) *V-belt* yaitu sebesar 0,989.

d. Distribusi Weibull

Pada distribusi Weibull variabel *x* dan *y* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.7 dan II.8. Berikut merupakan contoh perhitungan jika i = 1 pada distribusi Weibull.

$x_1 = \ln(t_i) = \ln(1{,}430) = 0{,}358$

$F(t_i) \quad = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{3+0.4} = 0{,}206$

$y_i = \ln(-\ln(\frac{1}{1-F(t_1)})) = \ln(-\ln(\frac{1}{1-0{,}206})) = -1{,}467$

maka, $r = \frac{n(\sum xiyi)-(\sum xi \sum yi)}{\sqrt{[n\sum xi^2-(\sum xi)^2][n\sum yi^2-(\sum yi)^2]}}$

$= \frac{3(-0{,}309)-(1{,}855\ x\ (-1{,}376))}{\sqrt{[(3\ x\ 1{,}313)-\ 1{,}855^2][(3\ x\ 2{,}497)-(-1{,}376)^2)}} = 0{,}973$

Rekapitulasi perhitungan *index of fit* dengan menggunakan metode *least square* pada distribusi Weibull ditunjukkan pada Tabel 4.56.

Tabel 4.56 *Least square* TTR *V-belt* pada distribusi Weibull

i	t_i(jam)	x_i= ln (t_i)	F (t_i)	y_i	$x_i.y_i$	x_i^2	y_i^2
1	1,430	0,358	0,206	-1,467	-0,525	0,128	2,153
2	1,767	0,569	0,500	-0,367	-0,209	0,324	0,134
3	2,530	0,928	0,794	0,458	0,425	0,862	0,209
Σ	5,727	1,855	1,500	-1,376	-0,309	1,313	2,497
Index of fit (r)				**0,973**			

Berdasarkan perhitungan tersebut apabila menggunakan distribusi weibul diperoleh *index of fit (r)* waktu yang diperlukan untuk perbaikan (TTR) *V-belt* yaitu sebesar 0,973.

Melalui perhitungan *least square* diperoleh *index of fit* dari masing-masing komponen. Hal ini menunjukkan data TTF dan TTR memiliki karakteristik distribusi terpilih. Hasil perhitungan *index of fit* pada masing-masing komponen direkapitulasi pada Tabel 4.57.

Tabel 4.57 Rekapitulasi *index of fit*

Komponen	Variabel	*Index of Fit* pada Distribusi			
		Eksponensial	Normal	Lognormal	Weibull
Grate Plate	TTF	0,990	0,903	0,984	0,968
	TTR	0,750	0,580	0,641	0,550
Poros Engkol	TTF	0,971	0,977	0,976	0,991
	TTR	0,908	0,989	0,985	0,987
Bearing Motor	TTF	0,991	0,951	0,985	0,967
	TTR	0,969	0,909	0,913	0,876
Rotor	TTF	0,931	0,941	0,961	0,955
	TTR	0,779	0,911	0,896	0,943
V-belt	TTF	0,849	0,930	0,900	0,933
	TTR	0,999	0,976	0,989	0,973

Distribusi yang terpilih berdasarkan Tabel 4.57 harus diuji kesesuaian distribusi menggunakan beberapa alat uji. Alat pengujian kenormalan sesuai dengan distribusi terpilih, seperti *Mann's test* yang digunakan untuk distribusi Weibull, *Barlett's test* untuk distribusi eksponensial, dan *Kolmogorov-Smirnov test* untuk distribusi normal dan lognormal. Pengujian ini untuk mengetahui apakah distribusi tersebut tepat dan tidak memiliki alternatif distribusi lain.

4.2.3 *Goodness of fit test*

Setelah memperoleh distribibusi terpilih berdasarkan nilai *index of fit* yang mendekati nilai 1, dilakukan uji kesesuaian distribusi pada distribusi terpilih. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah data yang ada membentuk suatu distribusi tertentu dengan membandingkan Hipotesa nol (H_0) dan Hipotesa alternatif (H_1) di mana H_0 menyatakan data mengikuti distribusi terpilih dan H_1 data tidak mengikuti distribusi pilihan.

4.2.3.1 *Goodness of fit test Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) Komponen *Grate Plate*

Interval kerusakan (TTF) Grate Plate memiliki *index of fit* terbesar yaitu pada distribusi eksponensial. Setelah diuji kenormalan dengan menggunakan *Barlett's test*, data TTF Grate Plate tidak berdistribusi eksponensial sehingga menggunakan alternatif distribusi lain. Alternatif distribusi lain adalah menggunakan distribusi lognormal karena memiliki *index of fit* terbesar setelah distribusi eksponensial. Data TTF pada distribusi lognormal dilakukan pengujian menggunakan *Kolmogorov-Smirnov test*. Data TTR berdistribusi Weibull sehingga pengujian dilakukan dengan menggunakan uji *Mann's test*. Penggunaan distribusi Weibull tersebut karena hasil pengujian tidak memenuhi syarat wilayah kritik. Tingkat ketilitian yang digunakan pada penelitian ini sebesar 95% sehingga diperoleh α sebesar 0.05. Adapun contoh perhitungan pengujian distribusi adalah sebagai berikut:

1. *Goodness of fit test Time To Failure* (TTF)

Ho: Data TTF *Grate Plate* berdistribusi lognormal.

H1: Data TTF *Grate Plate* tidak berdistribusi lognormal.

Jika $\alpha = 0.05$ dan $n = 29$, maka $D_{tabel} = 0.165$

Wilayah kritik: tolak H_0 bila $D_{hitung} > D_{tabel}$

Uji statistik: $D_{hitung} = \max\{D_1, D_2\}$

$D_1 = \max\left\{\Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right) - \frac{i-1}{n}\right\}$, $D_2 = \max\left\{\frac{i}{n} - \Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right)\right\}$

$x_1 = \ln(t_1) = \ln(110{,}237) = 4{,}703$ (t_1 dapat diperoleh dari Tabel 4.19)

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\ln ti}{n} = \frac{187{,}553}{29} = 6{,}467$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\ln ti - \bar{t})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{17{,}757}{29-1}} = 0{,}796$$

$$C_1 = \Phi\left(\frac{ln(ti)-\bar{t}}{s}\right) = \Phi\ (-2{,}216) = 0{,}013$$

$$D_{1(1)} = \left\{\Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right) - \frac{i-1}{n}\right\} = 0{,}013 - 0 = 0{,}013$$

$$D_{2(1)} = \left\{\frac{i}{n} - \Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right)\right\} = 0.034 - 0{,}013 = 0{,}021$$

Rekapitulasi hasil uji *goodness fit test* untuk data TTF komponen *Grate Plate* ditunjukkan pada Tabel 4.58.

Tabel 4.58 *Goodness of fit test* TTF *Grate Plate*

i	$\ln(t_i) - \bar{t}$	$(\ln(t_i) - \bar{t})^2$	$\frac{\ln(t_i) - \bar{t}}{s}$	$\frac{i-1}{n}$	$\frac{i}{n}$	C	$D_{1(i)}$	$D_{2(i)}$
1	-1,765	3,114	-2,216	0,00	0,034	0,013	0,013	0,021
2	-1,600	2,561	-2,010	0,03	0,069	0,022	-0,012	0,047
3	-0,793	0,628	-0,995	0,07	0,103	0,160	0,091	-0,056
4	-0,775	0,601	-0,974	0,10	0,138	0,165	0,062	-0,027
5	-0,654	0,427	-0,821	0,14	0,172	0,206	0,068	-0,034
6	-0,588	0,346	-0,739	0,17	0,207	0,230	0,058	-0,023
7	-0,521	0,272	-0,655	0,21	0,241	0,256	0,049	-0,015

Tabel 4.58 *Goodness of fit test* TTF *Grate Plate* (Lanjutan)

i	$\ln(t_i) - \bar{t}$	$(\ln(t_i) - \bar{t})^2$	$\frac{\ln(t_i) - \bar{t}}{s}$	$\frac{i-1}{n}$	$\frac{i}{n}$	C	$D_{1(i)}$	$D_{2(i)}$
8	-0,515	0,266	-0,647	0,24	0,276	0,259	0,017	0,017
9	-0,370	0,137	-0,465	0,28	0,310	0,321	0,045	-0,011
10	-0,322	0,104	-0,405	0,31	0,345	0,343	0,033	0,002
11	-0,270	0,073	-0,340	0,34	0,379	0,367	0,022	0,012
12	-0,231	0,054	-0,291	0,38	0,414	0,386	0,006	0,028
13	-0,199	0,040	-0,250	0,41	0,448	0,401	-0,012	0,047
14	-0,162	0,026	-0,203	0,45	0,483	0,420	-0,029	0,063
15	-0,152	0,023	-0,191	0,48	0,517	0,424	-0,058	0,093
16	-0,127	0,016	-0,160	0,52	0,552	0,437	-0,081	0,115
17	-0,087	0,008	-0,110	0,55	0,586	0,456	-0,095	0,130
18	-0,071	0,005	-0,090	0,59	0,621	0,464	-0,122	0,156
19	0,350	0,122	0,439	0,62	0,655	0,670	0,049	-0,015
20	0,415	0,172	0,521	0,66	0,690	0,699	0,044	-0,009
21	0,610	0,372	0,766	0,69	0,724	0,778	0,089	-0,054
22	0,621	0,385	0,779	0,72	0,759	0,782	0,058	-0,023
23	0,680	0,463	0,854	0,76	0,793	0,803	0,045	-0,010
24	0,840	0,706	1,055	0,79	0,828	0,854	0,061	-0,027
25	0,877	0,770	1,102	0,83	0,862	0,865	0,037	-0,003
26	0,901	0,813	1,132	0,86	0,897	0,871	0,009	0,025
27	1,049	1,101	1,318	0,90	0,931	0,906	0,010	0,025
28	1,253	1,569	1,573	0,93	0,966	0,942	0,011	0,023
29	1,608	2,584	2,019	0,97	1,000	0,978	0,013	0,022
Σ	0,000	17,757	0,000	14,000	15,000	14,480	0,480	0,520

Diperoleh D_{hitung} = max {0,091; 0,156} = 0,156. Karena D_{hitung} (0,156) < D_{tabel} (0,165) maka H_0 diterima, dapat disimpulkan bahwa data TTF komponen *Grate Plate* berdistribusi lognormal.

2. *Goodness of fit test Time To Repair* (TTR)

H_0: Data TTR *Grate Plate* berdistribusi Weibull.

H_1: Data TTR *Grate Plate* tidak berdistribusi Weibull.

α = 0.05

Wilayah kritik: tolak H_0 bila M > F_{tabel}

Menggunakan tabel distribusi F untuk V_1 = 15, V_2 = 14, jika α = 0.05, diperoleh F_{tabel} = 2,565.

$k_1 = \left|\frac{r}{2}\right| = \left|\frac{15}{2}\right| = 7{,}500$

$k_2 = \left|\frac{r-1}{2}\right| = \left|\frac{14}{2}\right| = 7$

x_1 = ln (ti)= ln (20,020) = 2,997

Z_1 = $\ln\left[-\ln(1-\frac{i-0.5}{n+0.25})\right] = \ln\left[-\ln(1-\frac{1-0.5}{15+0.25})\right]$= -3,401

M_1 = $Z_{1+1} + Z_i$ = -2,268 – -3,401 = 1,133

ln(t_{1+1}) – ln(t_1)= 3,022 – 2,997 = 0,025

$\frac{\ln(ti+1)-\ln(ti)}{Mi} = \frac{0{,}025}{1{,}133}$ = 0,022

Rekapitulasi hasil uji *goodness fit test* untuk data TTR komponen *Grate Plate* ditunjukkan pada Tabel 4.59.

Tabel 4.59 *Goodness of fit test* TTR *Grate Plate*

I	t_i	x*i* = ln*ti*	Z*i*	M*i*	ln*(ti+1)*-ln*(ti)*	ln*(ti+1)*-ln*(ti)*/Mi
1	20,020	2,997	-3,401	1,133	0,025	0,022
2	20,523	3,022	-2,268	0,548	0,002	0,004
3	20,570	3,024	-1,720	0,376	0,027	0,071
4	21,123	3,050	-1,344	0,294	0,005	0,017
5	21,230	3,055	-1,051	0,246	0,006	0,023
6	21,352	3,061	-0,804	0,217	0,009	0,042
7	21,546	3,070	-0,588	0,198	0,032	0,163
8	22,253	3,102	-0,390	0,186	0,013	0,071
9	22,547	3,116	-0,205	0,180	0,004	0,020
10	22,630	3,119	-0,025	0,179	0,012	0,068
11	22,905	3,131	0,154	0,185	0,014	0,078
12	23,235	3,146	0,338	0,200	0,005	0,024
13	23,345	3,150	0,538	0,234	0,004	0,016
14	23,430	3,154	0,772	0,330	1,035	3,134
15	65,960	4,189	1,103	-9,993	43,198	-4,323
Total						**-0,571**

$$M = \frac{k1\ \sum_{i=k1+1}^{r=1}(\frac{\ln(ti+1)-\ln(ti)}{Mi})}{k2\ \sum_{i=1}^{r=1}(\frac{\ln(ti+1)-\ln(ti)}{Mi})} = \frac{(7{,}500)(-0{,}571)}{(7)(-0{,}571)} = 1{,}071$$

Karena *M* (1,071) < $F_{tabel\ (\alpha=0.005)}$ (2,565) maka H_0 diterima, dapat disimpulkan bahwa data TTR komponen *Grate Plate* berdistribusi Weibull.

4.2.3.2 *Goodness of fit test Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) Komponen Poros Engkol

Berdasarkan nilai *index of fit* data TTF diperoleh distribusi terpilih adalah distribusi Weibull sehingga pengujian menggunakan *Mann's test*. Data TTR memiliki nilai *index of fit* terbesar pada distribusi normal sehingga pengujian dilakukan dengan menggunakan *Kolmogorov-Smirnov test*. Tingkat ketilitian yang digunakan pada penelitian ini sebesar 95% sehingga diperoleh α sebesar 0.05. Adapun contoh perhitungan pengujian distribusi adalah sebagai berikut:

1. *Goodness of fit test Time To Failure* (TTF)

H_o: Data TTF Poros Engkol berdistribusi Weibull.

H_1: Data TTF Poros Engkol tidak berdistribusi Weibull.

$\alpha = 0.05$

Wilayah kritik: tolak H_0 bila $M > F_{tabel}$

Dengan menggunakan tabel distribusi F untuk $V_1 = 16$, $V_2 = 15$, jika $\alpha = 0.05$, diperoleh $F_{tabel} = 2{,}504$.

$k_1 = \left|\frac{r}{2}\right| = \left|\frac{16}{2}\right| = 8$ $\qquad k_2 = \left|\frac{r-1}{2}\right| = \left|\frac{15}{2}\right| = 7{,}500$

$x_1 = \ln(ti) = \ln(172{,}717) = 5{,}175$

$Z_1 = \ln\left[-\ln(1 - \frac{i-0.5}{n+0.25})\right] = \ln\left[-\ln(1 - \frac{1-0.5}{16+0.25})\right] = -3{,}466$

$M_1 = Z_{1+1} + Z_i = -2{,}335 - -3{,}466 = 1{,}131$

$\ln(t_{1+1}) - \ln(t_1) = 5{,}571 - 5{,}175 = 0{,}397$

$\frac{\ln(ti+1) - \ln(ti)}{Mi} = \frac{0{,}397}{1{,}131} = 0{,}351$

Rekapitulasi hasil uji *goodness fit test* untuk data TTF komponen Poros Engkol ditunjukkan pada Tabel 4.60.

Tabel 4.60 *Goodness of fit test* TTF Poros Engkol

i	***ti***	**x*i* = ln*ti***	***Zi***	**M*i***	**ln*(ti+1)*-ln*(ti)***	**ln*(ti+1)*-ln*(ti)*/Mi**
1	176,717	5,175	-3,466	1,131	0,397	0,351
2	262,717	5,571	-2,335	0,545	0,258	0,473
3	339,960	5,829	-1,789	0,373	0,491	1,316
4	555,423	6,320	-1,416	0,290	0,124	0,427
5	628,654	6,444	-1,126	0,242	0,050	0,204
6	660,583	6,493	-0,884	0,212	0,229	1,080
7	830,598	6,722	-0,672	0,192	0,012	0,063
8	840,680	6,734	-0,480	0,179	0,448	2,501
9	1.315,465	7,182	-0,301	0,171	0,032	0,189
10	1.358,684	7,214	-0,129	0,168	0,130	0,777
11	1.547,683	7,345	0,038	0,169	0,011	0,062
12	1.564,087	7,355	0,207	0,176	0,083	0,470
13	1.698,664	7,438	0,383	0,192	0,205	1,070
14	2.085,933	7,643	0,575	0,227	0,059	0,262
15	2.213,547	7,702	0,801	0,322	0,225	0,699
16	2.772,615	7,928	1,124	1,124	7,928	7,056
Total						**16,999**

$$M = \frac{k1\ \sum_{i=k1+1}^{r=1}(\frac{\ln(ti+1)-\ln(ti)}{Mi})}{k2\ \sum_{i=1}^{r=1}(\frac{\ln(ti+1)-\ln(ti)}{Mi})} = \frac{(8)(16{,}999)}{(7{,}500)(16{,}999)} = 1{,}067$$

Berdasarkan hasil perhiungan diperoleh M (1,067) < $F_{tabel\ (\alpha=0.005)}$ (2,504) maka H_0 diterima, dapat disimpulkan bahwa data TTF komponen Poros Engkol berdistribusi Weibull.

2. *Goodness of fit test Time To Repair* (TTR)

Ho: Data TTR Poros Engkol berdistribusi normal.

H1: Data TTR Poros Engkol tidak berdistribusi normal.

Jika α = 0.05 dan n = 16, maka D_{tabel} = 0,213

Wilayah kritik: tolak H_0 bila $D_{hitung} > D_{tabel}$

Uji statistik: $D_{hitung} = \max\{D_1, D_2\}$

$D_1 = \max\left\{\Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right) - \frac{i-1}{n}\right\}$, $D_2 = \max\left\{\frac{i}{n} - \Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right)\right\}$

$x_1 = \ln(t_1) = \ln(15{,}670) = 2{,}752$ (t_1 dapat diperoleh dari Tabel 4.31)

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\ln ti}{n} = \frac{48{,}498}{16} = 3{,}031$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\ln ti - \bar{t})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0{,}318}{16-1}} = 0{,}145$$

$$C_1 = \Phi\left(\frac{ln(ti)-\bar{t}}{s}\right) = \Phi\ (-1{,}920) = 0{,}027$$

$$D_{1(1)} = \left\{\Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right) - \frac{i-1}{n}\right\} = 0{,}027 - 0 = 0{,}027$$

$$D_{2(1)} = \left\{\frac{i}{n} - \Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right)\right\} = 0{,}063 - 0{,}027 = 0{,}035$$

Rekapitulasi hasil uji *goodness fit test* untuk data TTR komponen Poros Engkol ditunjukkan pada Tabel 4.61.

Tabel 4.61 *Goodness of fit test* TTR Poros Engkol

i	$\ln(t_i) - \bar{t}$	$(\ln(t_i) - \bar{t})^2$	$\frac{ln(t_i) - \bar{t}}{s}$	$\frac{i-1}{n}$	$\frac{i}{n}$	C	$D_{1(i)}$	$D_{2(i)}$
1	-0,279	0,078	-1,920	0,00	0,063	0,027	0,027	0,035
2	-0,206	0,042	-1,413	0,06	0,125	0,079	0,016	0,046
3	-0,165	0,027	-1,133	0,13	0,188	0,129	0,004	0,059
4	-0,127	0,016	-0,876	0,19	0,250	0,191	0,003	0,059
5	-0,087	0,007	-0,595	0,25	0,313	0,276	0,026	0,037
6	-0,069	0,005	-0,477	0,31	0,375	0,317	0,004	0,058
7	-0,038	0,001	-0,260	0,38	0,438	0,397	0,022	0,040
8	-0,009	0,000	-0,062	0,44	0,500	0,475	0,038	0,025
9	0,071	0,005	0,490	0,50	0,563	0,688	0,188	-0,125
10	0,082	0,007	0,567	0,56	0,625	0,714	0,152	-0,089
11	0,085	0,007	0,587	0,63	0,688	0,721	0,096	-0,034

Tabel 4.61 *Goodness of fit test* TTR Poros Engkol (Lanjutan)

i	$\ln(t_i) - \bar{t}$	$(\ln(t_i) - \bar{t})^2$	$\frac{\ln(t_i) - \bar{t}}{s}$	$\frac{i-1}{n}$	$\frac{i}{n}$	C	$D_{1(i)}$	$D_{2(i)}$
12	0,089	0,008	0,612	0,69	0,750	0,730	0,042	0,020
13	0,123	0,015	0,846	0,75	0,813	0,801	0,051	0,011
14	0,128	0,017	0,883	0,81	0,875	0,811	-0,001	0,064
15	0,178	0,032	1,222	0,88	0,938	0,889	0,014	0,048
16	0,223	0,050	1,531	0,94	1,000	0,937	0,000	0,063
Σ	0,000	0,318	0,000	7,500	8,500	8,183	0,683	0,317

Diperoleh D_{hitung} = max {0,188; 0,064} = 0,188. Karena D_{hitung} (0,188) < D_{tabel} (0,213) maka H_0 diterima, dapat disimpulkan bahwa data TTR komponen Poros Engkol berdistribusi normal.

4.2.3.3 *Goodness of fit test Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) Komponen *Bearing Motor*

Interval kerusakan (TTF) *Bearing Motor* memiliki *index of fit* terbesar yaitu pada distribusi eksponensial. Setelah diuji kenormalan dengan menggunakan *Barlett's test,* data TTF *Bearing Motor* tidak berdistribusi eksponensial sehingga menggunakan alternatif distribusi lain yaitu distribusi lognormal karena memiliki *index of fit* terbesar setelah distribusi eksponensial. Data TTF pada distribusi lognormal dilakukan pengujian menggunakan *Kolmogorov-Smirnov test*. Data TTR berdistribusi Weibull sehingga pengujian dilakukan dengan menggunakan uji *Mann's test*. Penggunaan distribusi Weibull tersebut karena hasil pengujian tidak memenuhi syarat wilayah kritik. Tingkat ketilitian yang digunakan pada penelitian ini sebesar 95% sehingga diperoleh α sebesar 0.05. Adapun contoh perhitungan pengujian distribusi adalah sebagai berikut:

1. ***Goodness of fit test Time To Failure* (TTF)**

Ho: Data TTF *Bearing Motor* berdistribusi lognormal.

H1: Data TTF *Bearing Motor* tidak berdistribusi lognormal.

Jika α = 0.05 dan n = 3, maka D_{tabel} = 2,858

Wilayah kritik: tolak H_0 bila D_{hitung} > D_{tabel}

Uji statistik: D_{hitung} = max{D_1,D_2}

$D_1 = \max\left\{\Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right) - \frac{i-1}{n}\right\}$, $D_2 = \max\left\{\frac{i}{n} - \Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right)\right\}$

$x_1 = \ln(t_1) = \ln(1.619,364) = 7,390$ (t_1 dapat diperoleh dari Tabel 4.35)

$\bar{t} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\ln ti}{n} = \frac{23,853}{3} = 7,951$

$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\ln ti - \bar{t})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,808}{3-1}} = 0,635$

$C_1 = \Phi\left(\frac{ln(ti)-\bar{t}}{s}\right) = \Phi$ (-8,333) = 0,189

$D_{1(1)} = \left\{\Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right) - \frac{i-1}{n}\right\}$ = 0,189 – 0 = 0,189

$D_{2(1)} = \left\{\frac{i}{n} - \Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right)\right\}$ = 0,033 – 0,189 = 0,145

Rekapitulasi hasil uji *goodness fit test* untuk data TTF komponen *Bearing Motor* ditunjukkan pada Tabel 4.62.

Tabel 4.62 *Goodness of fit test* TTF *Bearing Motor*

i	**ln(*t_i*) - $\bar{t}$**	**(ln(*t_i*) - $\bar{t}$)²**	$\frac{\ln(t_i)-\bar{t}}{s}$	$\frac{i-1}{n}$	$\frac{i}{n}$	**C**	**$D_{1(i)}$**	**$D_{2(i)}$**
1	-0,561	0,315	-0,883	0,00	0,333	0,189	0,189	0,145
2	-0,129	0,017	-0,203	0,33	0,667	0,420	0,086	0,247
3	0,690	0,476	1,086	0,67	1,000	0,861	0,195	0,139
Σ	0,000	0,808	0,000	1,000	2,000	1,470	0,470	0,530

Diperoleh D_{hitung} = max {0,195; 0,247} = 0,247. Karena D_{hitung} (0,247) < D_{tabel} (2,858) maka H_0 diterima, dapat disimpulkan bahwa data TTF komponen *Bearing Motor* berdistribusi lognormal.

2. *Goodness of fit test Time To Repair* (TTR)

H_0: Data TTR *Bearing Motor* berdistribusi Weibull.

H_1: Data TTR *Bearing Motor* tidak berdistribusi Weibull.

α = 0.05

Wilayah kritik: tolak H_0 bila $M > F_{tabel}$

Dengan menggunakan tabel distribusi F untuk $V_1 = 3$, $V_2 = 2$, jika α = 0.05, diperoleh F_{tabel} = 5,820.

$k_1 = \left|\frac{r}{2}\right| = \left|\frac{3}{2}\right| = 1,500$

$k_2 = \left|\frac{r-1}{2}\right| = \left|\frac{2}{2}\right| = 1$

x_1 = ln(*ti*) = ln(5,124) = 1,634

$Z_1 = \ln\left[-\ln(1-\frac{i-0.5}{n+0.25})\right] = \ln\left[-\ln(1-\frac{1-0.5}{3+0.25})\right] = -1,789$

$M_1 = Z_{1+1} + Z_i$ = -0,480 – -1,789 = 1,310

$\ln(t_{1+1}) - \ln(t_1)$ = 1,833 – 1,634 = 0,119

$\frac{\ln(ti+1)-\ln(ti)}{Mi} = \frac{0,119}{1,310} = 0,152$

Rekapitulasi hasil uji *goodness fit test* untuk data TTR komponen *Bearing Motor* ditunjukkan pada Tabel 4.63.

Tabel 4.63 *Goodness of fit test* TTR *Bearing Motor*

i	t_i	*xi* = ln*ti*	Z*i*	M*i*	ln*(ti+1)*-ln*(ti)*	ln*(ti+1)*-ln*(ti)*/Mi
1	5,124	1,634	-1,789	1,310	0,199	0,152
2	6,255	1,833	-0,480	0,862	-0,177	-0,205
3	5,241	1,657	0,383	-2,269	3,467	-1,528
Total						**-1,581**

$$M = \frac{k1\ \sum_{i=k1+1}^{r=1}(\frac{\ln(ti+1)-\ln(ti)}{Mi})}{k2\ \sum_{i=1}^{r=1}(\frac{\ln(ti+1)-\ln(ti)}{Mi})} = \frac{(1{,}500)(-1{,}581)}{(1)(-1{,}581)} = 1{,}500$$

Karena *M* (1,500) < $F_{tabel\ (\alpha=0.005)}$ (5,820) maka H_0 diterima, dapat disimpulkan bahwa data TTR komponen *Bearing Motor* berdistribusi Weibull.

4.2.3.4 *Goodness of fit test Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) Komponen *Rotor*

Berdasarkan nilai *index of fit* data TTF diperoleh distribusi terpilih adalah distribusi lognormal sehingga pengujian menggunakan *Kolomogorov-Smirnov test*. Data TTR memiliki nilai *index of fit* terbesar pada distribusi Weibull sehingga pengujian dilakukan dengan menggunakan uji *Mann's test*. Tingkat ketilitian yang digunakan pada penelitian ini sebesar 95% sehingga diperoleh α sebesar 0.05. Adapun co0ntoh perhitungan pengujian distribusi adalah sebagai berikut:

1. *Goodness of fit test Time To Failure* (TTF)

Ho: Data TTF *Rotor* berdistribusi lognormal.

H1: Data TTF *Rotor* tidak berdistribusi lognormal.

Jika α = 0.05 dan n = 5, maka D_{tabel} = 0.337

Wilayah kritik: tolak H_0 bila $D_{hitung} > D_{tabel}$

Uji statistik: $D_{hitung} = \max\{D_1, D_2\}$

$D_1 = \max\left\{\Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right) - \frac{i-1}{n}\right\}$, $D_2 = \max\left\{\frac{i}{n} - \Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right)\right\}$

$x_1 = \ln(t_1) = \ln(2.129{,}074) = 7{,}663$ (t_1 dapat diperoleh dari Tabel 4.43)

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\ln ti}{n} = \frac{41{,}479}{5} = 8{,}296$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\ln ti - \bar{t})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{1{,}088}{5-1}} = 0{,}521$$

$$C_1 = \Phi\left(\frac{ln(ti)-\bar{t}}{s}\right) = \Phi\ (-1{,}213) = 0{,}113$$

$D_{1(1)} = \left\{\Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right) - \frac{i-1}{n}\right\}$ = 0,113 – 0 = 0,113

$D_{2(1)} = \left\{\frac{i}{n} - \Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right)\right\}$ = 0,200 – 0,113 = 0,087

Rekapitulasi hasil uji *goodness fit test* untuk data TTF komponen *Rotor* ditunjukkan pada Tabel 4.64.

Tabel 4.64 *Goodness of fit test* TTF *Rotor*

i	$\ln(t_i) - \bar{t}$	$(\ln(t_i) - \bar{t})^2$	$\frac{\ln(t_i)-\bar{t}}{s}$	$\frac{i-1}{n}$	$\frac{i}{n}$	C	$D_{1(i)}$	$D_{2(i)}$
1	-0,632	0,400	-1,213	0,00	0,200	0,113	0,113	0,087
2	-0,287	0,082	-0,550	0,20	0,400	0,291	0,091	0,109
3	-0,156	0,024	-0,300	0,40	0,600	0,382	-0,018	0,218
4	0,505	0,255	0,968	0,60	0,800	0,833	0,233	-0,033
5	0,571	0,326	1,095	0,80	1,000	0,863	0,063	0,137
Σ	0,000	1,088	0,000	2,000	3,000	2,482	0,482	0,518

Diperoleh D_{hitung} = max{0,233; 0,218} = 0,233. Karena D_{hitung} (0,233) < D_{tabel} (0,337) maka H_0 diterima, dapat disimpulkan bahwa data TTF komonen *Rotor* berdistribusi lognormal.

2. *Goodness of fit test Time To Repair* (TTR)

H_0: Data TTR *Rotor* berdistribusi Weibull.

H_1: Data TTR *Rotor* tidak berdistribusi Weibull.

α = 0.05

Wilayah kritik: tolak H_0 bila M > F_{tabel}

Dengan menggunakan tabel distribusi F untuk V_1 = 5, V_2 = 4, jika α = 0.05, diperoleh F_{tabel} = 6,260.

$k_1 = \left|\frac{r}{2}\right| = \left|\frac{5}{2}\right| = 2,500$

$k_2 = \left|\frac{r-1}{2}\right| = \left|\frac{4}{2}\right| = 2$

x_1 = ln(ti) = ln(1,583) = 0,460

$Z_1 = \ln\left[-\ln(1-\frac{i-0.5}{n+0.25})\right] = \ln\left[-\ln(1-\frac{1-0.5}{5+0.25})\right] = -2,302$

M_1 = $Z_{1+1} + Z_i$ = -1,089 – = -2,302 = 1,213

ln(t_{1+1}) – ln(t_1)= 0,687 – 0,460 = 0,227

$\frac{\ln(ti+1)-\ln(ti)}{Mi} = \frac{0,227}{1,213}$ = 0,187

Rekapitulasi hasil uji *goodness fit test* untuk data TTR komponen *Rotor* ditunjukkan pada Tabel 4.65.

Tabel 4.65 *Goodness of fit test* TTR *Rotor*

i	t_i	x*i* = ln*ti*	Z*i*	M*i*	ln(*ti+1*)-ln(*ti*)	ln(*ti+1*)-ln(*ti*)/Mi
1	1,583	0,460	-3,401	-2,302	1,213	0,227
2	1,987	0,687	-2,268	-1,089	0,653	0,054
3	2,097	0,741	-1,720	-0,436	0,530	0,052
4	2,210	0,793	-1,344	0,094	0,572	0,006
5	2,223	0,799	-1,051	0,666	0,666	0,799
Total						**1,579**

$$M = \frac{k1 \sum_{i=k1+1}^{r=1} (\frac{\ln(ti+1)-\ln(ti)}{Mi})}{k2 \sum_{i=1}^{r=1} (\frac{\ln(ti+1)-\ln(ti)}{Mi})} = \frac{(2,500)(1,579)}{(2)(1,579)} = 1,250$$

Karena *M* (1,250) < $F_{tabel\ (\alpha=0.005)}$ (6,260) maka H_0 diterima, dapat disimpulkan bahwa data TTR komponen *Rotor* berdistribusi Weibull.

4.2.3.5 *Goodness of fit test Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR) Komponen *V-belt*

Berdasarkan nilai *index of fit* data TTF diperoleh distribusi terpilih adalah distribusi Weibull sehingga pengujian menggunakan *Mann's test*. Data TTR V-belt memiliki *index of fit* terbesar yaitu pada distribusi eksponensial. Setelah diuji kenormalan dengan menggunakan *Barlett's test,* data TTR tersebut tidak berdistribusi eksponensial sehingga menggunakan alternatif distribusi lain, yaitu distribusi lognormal karena memiliki *index of fit* terbesar setelah distribusi eksponensial. Data TTR pada distribusi lognormal dilakukan pengujian menggunakan *Kolmogorov-Smirnov test*. Tingkat ketilitian yang digunakan pada penelitian ini sebesar 95% sehingga diperoleh α sebesar 0.05. Adapun contoh perhitungan pengujian distribusi adalah sebagai berikut:

1. *Goodness of fit test Time To Failure* (TTF)

H_0: Data TTF *V-belt* berdistribusi Weibull.

H_1: Data TTF *V-belt* tidak berdistribusi Weibull.

$\alpha = 0.05$

Wilayah kritik: tolak H_0 bila $M > F_{tabel}$

Dengan menggunakan tabel distribusi F untuk $V_1 = 3$, $V_2 = 2$, jika $\alpha = 0.05$, diperoleh $F_{tabel} = 19,160$.

$k_1 \quad = \left|\frac{r}{2}\right| = \left|\frac{3}{2}\right| = 1{,}500$

$k_2 \quad = \left|\frac{r-1}{2}\right| = \left|\frac{2}{2}\right| = 1$

$x_1 \quad = \ln(ti) = \ln(1.357{,}949) = 7{,}214$

$Z_1 \quad = \ln\left[-\ln(1 - \frac{i-0.5}{n+0.25})\right] = \ln\left[-\ln(1 - \frac{1-0.5}{3+0.25})\right] = -1{,}789$

$M_1 \quad = Z_{1+1} + Z_i = -0{,}480 - -1{,}789 = 1{,}310$

$\ln(t_{1+1}) - \ln(t_1) = 8{,}782 - 7{,}214 = 1{,}568$

$\frac{\ln(ti+1)-\ln(ti)}{Mi} = \frac{1{,}568}{1{,}310} = 1{,}197$

Rekapitulasi hasil uji *goodness fit test* untuk data TTF komponen *V-belt* ditunjukkan pada Tabel 4.66.

Tabel 4.66 *Goodness of fit test* TTF *V-belt*

i	***ti***	**x*i* = ln*ti***	***Zi***	**M*i***	**ln*(ti+1)*-ln*(ti)***	**ln*(ti*+*1)*-ln*(ti)*/Mi**
1	1357,949	7,214	-1,789	1,310	1,568	1,197
2	6515,253	8,782	-0,480	0,862	0,137	0,159
3	7473,883	8,919	0,383	0,383	8,919	23,302
Total						**24,658**

$$M = \frac{k1\ \sum_{i=k1+1}^{r=1}(\frac{\ln(ti+1)-\ln(ti)}{Mi})}{k2\ \sum_{i=1}^{r=1}(\frac{\ln(ti+1)-\ln(ti)}{Mi})} = \frac{(1{,}500)(24{,}658)}{(1)(24{,}658)} = 1{,}500$$

Berdasarkan hasil perhiungan diperoleh M (1,500) < $F_{tabel\ (\alpha=0.005)}$ (19,160) maka H_0 diterima, dapat disimpulkan bahwa data TTF komponen *V-belt* berdistribusi Weibull.

2. *Goodness of fit test Time To Repair* (TTR)

Ho: Data TTR *V-belt* berdistribusi lognormal.

H1: Data TTR *V-belt* tidak berdistribusi lognormal.

Jika $\alpha = 0.05$ dan n = 3, maka $D_{tabel} = 0{,}286$

Wilayah kritik: tolak H_0 bila $D_{hitung} > D_{tabel}$

Uji statistik: $D_{hitung} = \max\{D_1, D_2\}$

$D_1 = \max\left\{\Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right) - \frac{i-1}{n}\right\}$, $D_2 = \max\left\{\frac{i}{n} - \Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right)\right\}$

$x_1 = \ln(t_1) = \ln(1{,}430) = 0{,}358$ (t_1 dapat diperoleh dari Tabel 4.55)

$\bar{t} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\ln ti}{n} = \frac{1{,}855}{3} = 0{,}618$

$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\ln ti - \bar{t})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0{,}166}{3-1}} = 0{,}288$

$C_1 = \Phi\left(\frac{ln(ti)-\bar{t}}{s}\right) = \Phi$ (-0,904) = 0,183

$D_{1(1)} = \left\{\Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right) - \frac{i-1}{n}\right\}$ = 0,183 – 0 = 0,183

$D_{2(1)} = \left\{\frac{i}{n} - \Phi\left(\frac{\ln(ti)-\bar{t}}{s}\right)\right\}$ = 0,333 – 0,183 = 0,150

Rekapitulasi hasil uji *goodness fit test* untuk data TTR komponen *V-belt* ditunjukkan pada Tabel 4.67.

Tabel 4.67 *Goodness of fit test* TTR *V-belt*

i	$\ln(t_i) - \bar{t}$	$(\ln(t_i) - \bar{t})^2$	$\frac{ln(t_i)-\bar{t}}{s}$	$\frac{i-1}{n}$	$\frac{i}{n}$	C	$D_{1(i)}$	$D_{2(i)}$
1	-0,261	0,068	-0,904	0,00	0,333	0,183	0,183	0,150
2	-0,049	0,002	-0,171	0,33	0,667	0,432	0,099	0,234
3	0,310	0,096	1,074	0,67	1,000	0,859	0,192	0,141
Σ	0,000	0,166	0,000	1,000	2,000	1,474	0,474	0,526

Diperoleh D_{hitung} = max {0,192; 0,234} = 0,234. Karena D_{hitung} (0,234) < D_{tabel} (0,286) maka H_0 diterima, dapat disimpulkan bahwa data TTR komponen *V-belt* berdistribusi lognormal. Hasil pengujian kenormalan pada data TTF dan TTR setiap komponen direkapitulasi pada Tabel 4.68. Distribusi terpilih pada setiap data TTF dan TTR digunakan dalam menghitung nilai MTTF, *reliability*, MTTR, dan *maintainability*.

Tabel 4.68 Hasil pengujian distribusi

Komponen	**TTF**		**TTR**	
	Distribusi	*r*	Distribusi	*r*
Grate Plate	Lognormal	0,984	Weibull	0,550
Poros Engkol	Weibull	0,991	Normal	0,989
Bearing Motor	Lognormal	0,991	Weibull	0,876
Rotor	Lognormal	0,961	Weibull	0,943
V-belt	Weibull	0,933	Lognormal	0,989

4.2.4 Perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR)

Setelah dilakukan *Goodness of fit test* untuk mengetahui apakah data telah sesuai dengan distribusi terpilih, selanjutnya adalah melakukan perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR). Dalam perhitungan MTTF dan MTTR dipengaruhi oleh parameter berdasarkan distribusi terpilih.

4.2.4.1 *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) Komponen *Grate Plate*

Distribusi terpilih dari data TTF komponen *Grate Plate* adalah distribusi lognormal. Distribusi lognormal dipengaruhi oleh parameter standar deviasi *(s)* dan parameter lokasi (t_{med}). Distribusi terpilih dari data TTR komponen *Grate Plate* adalah distribusi Weibull, sehingga parameter yang mempengaruhi adalah parameter bentuk (β) dan parameter skala (θ).

1. *Mean Time To Failure* (MTTF)

Berdasarkan *goodness of fit test* pada komponen *Grate Plate*, diperoleh parameter standar deviasi *(s)*. Parameter lokasi (t_{med}) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.23 dengan nilai μ diperoleh berdasarkan saat melakukan *goodness of fit test*.

s = 0,796

$\bar{t}$ = 6,467

$$t_{med} = e^{\bar{t}} = e^{6,467} = 643,769$$

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan MTTF komponen *Grate Plate* tertera pada Persamaan II.24.

$$\text{MTTF} = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}} = 643,769 \text{ x } e^{\frac{0,796^2}{2}} = 883,980 \text{ jam}$$

Diperoleh nilai *Mean Time To Failure* komponen *Grate Plate* adalah 883,980 jam.

2. *Mean Time To Repair* (MTTR)

Perhitungan parameter parameter bentuk (β) dan parameter skala (θ) pada distribusi Weibull dapat menggunakan Persamaan II.27 dan II.28.

$$b = \frac{n\sum_{i=1}^{n} xi.yi - (\sum_{i=1}^{n} xi)(\sum_{i=1}^{n} yi)}{n\sum_{i=1}^{n} xi^2 - (\sum_{i=1}^{n} xi)^2} = \frac{15\,(-22,874) - (\,47,387\ x\ (-8,051))}{(15\ x\ 150,874) - (47,387)^2} = 2,184$$

$$\alpha = \bar{y} - b\bar{x} = -0,537 - (2,184)(\,3,159) = -7,436$$

$$\beta = b = 2,184$$

$$\theta = e^{-(\frac{\alpha}{\beta})} = e^{-(\frac{-7,436}{2,184})} = 30,112$$

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan MTTR komponen *Grate Plate* tertera pada Persamaan II.29.

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

$$= 30{,}112\ \Gamma(1 + \frac{1}{2{,}184})$$

$$= 30{,}112\ \Gamma(1{,}458)$$

$$= 30{,}112\ (0{,}886)$$

$$= 26{,}667 \text{ jam}$$

Diperoleh nilai *Mean Time To Repair* komponen *Grate Plate* adalah 26,667 jam.

4.2.4.2 *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) Komponen Poros Engkol

Distribusi terpilih dari data TTF komponen Poros Engkol adalah distribusi Weibull. Distribusi Weibull dipengaruhi oleh parameter bentuk *(β)* dan parameter skala *(θ)*. Distribusi terpilih dari data TTR komponen Poros Engkol adalah distribusi normal, sehingga parameter yang mempengaruhi adalah parameter standar deviasi *(s)* dan parameter lokasi *(t_{med})*.

1. ***Mean Time To Failure* (MTTF)**

Perhitungan parameter parameter bentuk *(β)* dan parameter skala (θ) pada distribusi Weibull dapat menggunakan Persamaan II.27 dan II.28.

$$b = \frac{n\sum_{i=1}^{n} xi.yi - (\sum_{i=1}^{n} xi)(\sum_{i=1}^{n} yi)}{n\sum_{i=1}^{n} xi^2 - (\sum_{i=1}^{n} xi)^2} = \frac{16\ (-44{,}953) - (\ 109{,}093\ x\ (-8{,}617))}{(16\ x\ 753{,}514) - (109{,}093)^2} = 1{,}426$$

$$\alpha = \bar{y} - b\bar{x} = -0{,}539 - (1{,}426)(\ 6{,}818) = -10{,}264$$

$$\beta = b = 1{,}426$$

$$\theta = e^{-(\frac{\alpha}{\beta})} = e^{-(\frac{-10{,}264}{1{,}426})} = 1.333{,}998$$

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan MTTF komponen Poros Engkol tertera pada Persamaan II.29.

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

$$= 1.333{,}998\ \Gamma(1 + \frac{1}{1{,}426})$$

$$= 1.333{,}998\ \ \Gamma(1{,}701)$$

$$= 1.333{,}998\ (0{,}909)$$

$$= 1.212{,}396 \text{ jam}$$

Diperoleh nilai *Mean Time To Failure* komponen Poros Engkol adalah 1.212,396 jam.

2. *Mean Time To Repair* (MTTR)

Berdasarkan *goodness of fit test* pada komponen Poros Engkol, diperoleh parameter standar deviasi *(s)*. Adapun nilai tengah dari distribusi (t_{med}) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.23 dengan nilai $\bar{t}$ diperoleh berdasarkan saat melakukan *goodness of fit test*.

s = 0,145

$\bar{t}$ = 3,031

$t_{med} = e^{\bar{t}}$

$= e^{3,031}$

$= 20,720$

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan MTTR komponen Poros Engkol tertera pada Persamaan II.24.

$MTTR = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}}$

$= 20,720 \text{ x } e^{\frac{0,145^2}{2}}$

= 20,940 jam

Diperoleh nilai *Mean Time To Repair* komponen Poros Engkol adalah 20,940 jam.

4.2.4.3 *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) Komponen *Bearing Motor*

Distribusi terpilih dari data TTF komponen *Bearing Motor* adalah distribusi lognormal. Distribusi lognormal dipengaruhi oleh parameter standar deviasi *(s)* dan parameter lokasi (t_{med}). Distribusi terpilih dari data TTR komponen *Bearing Motor* adalah distribusi Weibull, sehingga parameter yang mempengaruhi adalah parameter bentuk (β) dan parameter skala (θ).

1. *Mean Time To Failure* (MTTF)

Berdasarkan *goodness of fit test* pada komponen *Bearing Motor*, diperoleh parameter standar deviasi *(s)*. Parameter lokasi (t_{med}) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.23 dengan nilai $\bar{t}$ diperoleh berdasarkan saat melakukan *goodness of fit test*.

s = 0,635

$\bar{t}$ = 7,951

t_{med} = $e^{\bar{t}}$

= $e^{7,951}$

= 2.838,592

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan MTTF komponen *Bearing Motor* tertera pada Persamaan II.24.

MTTF = $t_{med} e^{\frac{s^2}{2}}$

= 2.838,592 x $e^{\frac{0,635^2}{2}}$

= 3.473,706 jam

Diperoleh nilai *Mean Time To Failure* komponen *Bearing Motor* adalah 3.473,706 jam.

2. *Mean Time To Repair* (MTTR)

Perhitungan parameter bentuk *(β)* dan parameter skala *(θ)* pada distribusi Weibull dapat menggunakan Persamaan II.27 dan II.28.

$$b = \frac{n\sum_{i=1}^{n} xi.yi - (\sum_{i=1}^{n} xi)(\sum_{i=1}^{n} yi)}{n\sum_{i=1}^{n} xi^2 - (\sum_{i=1}^{n} xi)^2} = \frac{3\ (-2,116) - (\ 5,124\ x\ (-1,376))}{(3\ x\ 8,775) - (5,124)^2} = 7,747$$

$\alpha = \bar{y} - b\bar{x}$ = -0,459 – (7,747)(1,708) = -13,690

$\beta = b$ = 7,747

$$\theta = e^{-(\frac{\alpha}{\beta})} = e^{-(\frac{-13,690}{7,747})} = 5,854$$

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan MTTR komponen *Bearing Motor* tertera pada Persamaan II.29.

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

= 5,854 $\Gamma(1 + \frac{1}{7,747})$

= 5,854 Γ(1,129)

= 5,854 (0,940)

= 5,505 jam

Diperoleh nilai *Mean Time To Repair* komponen *Bearing Motor* adalah 5,505 jam.

4.2.4.4 *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) Komponen *Rotor*

Distribusi terpilih dari data TTF komponen *Rotor* adalah distribusi lognormal. Distribusi lognormal dipengaruhi oleh parameter standar deviasi *(s)* dan parameter lokasi *(t_{med})*. Distribusi terpilih dari data TTR komponen *Rotor* adalah distribusi Weibull, sehingga parameter yang mempengaruhi adalah parameter bentuk *(β)* dan parameter skala *(θ)*.

1. *Mean Time To Failure* (MTTF)

Berdasarkan *goodness of fit test* pada komponen *Rotor*, diperoleh parameter standar deviasi *(s)*. Adapun nilai tengah dari distribusi *(t_{med})* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.23 dengan nilai $\bar{t}$ diperoleh berdasarkan saat melakukan *goodness of fit test*.

s = 0,521

$\bar{t}$ = 8,296

t_{med} = $e^{\bar{t}}$

= $e^{8,296}$

= 4.007,212

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan MTTF komponen *Rotor* tertera pada Persamaan II.24.

MTTF = $t_{med} e^{\frac{s^2}{2}}$

= 4.007,212 x $e^{\frac{0,521^2}{2}}$

= 4.590,867 jam

Diperoleh nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) komponen *Rotor* adalah 4.590,867 jam.

2. *Mean Time To Repair* (MTTR)

Perhitungan parameter parameter bentuk *(β)* dan parameter skala *(θ)* pada distribusi Weibull dapat menggunakan Persamaan II.27 dan II.28.

$$b = \frac{n\sum_{i=1}^{n} xi.yi - (\sum_{i=1}^{n} xi)(\sum_{i=1}^{n} yi)}{n\sum_{i=1}^{n} xi^2 - (\sum_{i=1}^{n} xi)^2} = \frac{5\ (-1,161) - (\ 3,479\ x\ (-2,454))}{(5\ x\ 2,498) - (3,479\ )^2} = 7,009$$

α = $\bar{y}$ - b$\bar{x}$ = -0,491 – (7,009)(0,696) = -5,367

β = b = 7,009

$$\theta = e^{-(\frac{\alpha}{\beta})} = e^{-(\frac{-5,367}{7,009})} = 2,151$$

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan MTTR komponen *Rotor* tertera pada Persamaan II.29.

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

$$= 2{,}151\ \Gamma(1 + \frac{1}{7{,}009})$$

$$= 2{,}151\ \Gamma(1{,}143)$$

$$= 2{,}151\ (0{,}936)$$

$$= 2{,}012 \text{ jam}$$

Diperoleh nilai *Mean Time To Repair* (MTTR) komponen *Rotor* adalah 2,012 jam.

4.2.4.5 *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) Komponen *V-belt*

Distribusi terpilih dari data TTF komponen *V-belt* adalah distribusi Weibull. Distribusi Weibull dipengaruhi oleh parameter bentuk *(β)* dan parameter skala *(θ)*.. Distribusi terpilih dari data TTR komponen *V-belt* adalah distribusi lognormal, sehingga parameter yang mempengaruhi adalah parameter standar deviasi *(s)* dan parameter lokasi *(t_{med})*.

1. *Mean Time To Failure* (MTTF)

Perhitungan parameter parameter bentuk *(β)* dan parameter skala *(θ)* pada distribusi Weibull dapat menggunakan Persamaan II.27 dan II.28.

$$b = \frac{n\sum_{i=1}^{n} xi.yi - (\sum_{i=1}^{n} xi)(\sum_{i=1}^{n} yi)}{n\sum_{i=1}^{n} xi^2 - (\sum_{i=1}^{n} xi)^2} = \frac{3\ (-9{,}722) - (\ 24{,}915\ x\ (-1{,}376))}{(3\ x\ 208{,}711) - (24{,}915)^2} = 0{,}951$$

$$\alpha = \bar{y} \text{ - b}\bar{x} = -0{,}459 - (0{,}951)(8{,}305) = -8{,}357$$

$$\beta = b = 0{,}951$$

$$\theta = e^{-(\frac{\alpha}{\beta})} = e^{-(\frac{-8{,}357}{0{,}951})} = 6.550{,}496$$

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan MTTF komponen *V-belt* tertera pada Persamaan II.29.

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

$$= 6.550{,}496\ \Gamma(1 + \frac{1}{0{,}951})$$

$$= 6.550{,}496\ \ \Gamma(2{,}052)$$

$$= 6.550{,}496\ (1{,}023)$$

$$= 6.700{,}369 \text{ jam}$$

Diperoleh nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) komponen *V-belt* adalah 6.700,369 jam.

2. *Mean Time To Repair* (MTTR)

Berdasarkan *goodness of fit test* pada komponen *V-belt,* diperoleh parameter standar deviasi *(s).* Adapun nilai tengah dari distribusi *(t_{med})* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan II.23 dengan nilai $\bar{t}$ diperoleh berdasarkan saat melakukan *goodness of fit test*.

s = 0,288

$\bar{t}$ = 0,618

$t_{med} = e^{\bar{t}}$

$= e^{0,618}$

$= 1,856$

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan MTTR komponen *V-belt* tertera pada Persamaan II.24.

$MTTF = t_{med} e^{\frac{s^2}{2}}$

$= 1,856 \text{ x } e^{\frac{0,288^2}{2}}$

= 1,935 jam

Diperoleh nilai *Mean Time To Repair* (MTTR) komponen *V-belt* adalah 1,935 jam. Tabel 4.69 merupakan rekapitulasi nilai MTTF dan MTTR dari komponen *Grate Plate*, *Poros Engkol*, *Bearing Motor*, *Rotor,* dan *V-belt*. Tabel 4.69 dilengkapi dengan parameter-parameter yang digunakan dalam menghitung MTTF dan MTTR.

Tabel 4.69 Rekapitulasi MTTF dan MTTR

Komponen	Parameter MTTF	MTTF (jam)	Parameter MTTR	MTTR (jam)
Grate Plate	s = 0,796 t_{med} = 643,769	883,980	β = 2,184 θ = 30,111	26,667
Poros Engkol	β = 1,426 θ = 1.333,998	1.212,396	s = 0,145 t_{med} = 20,720	20,940
Bearing Motor	s = 0,635 t_{med} = 2.838,592	3.473,706	β = 7,747 θ = 5,854	5,505
Rotor	s = 0,521 t_{med} = 4.007,212	4.590,867	β = 7,009 θ = 2,151	2,012
V-belt	β = 0,951 θ = 6.550,496	6.700,369	s = 0,288 t_{med} = 1,856	1,935

4.2.5 Perhitungan *Reliability* dan *Maintainability Existing*

Dalam probabilitas mesin keandalan *(reliability)* merupakan salah satu bagian penting dalam keberlangsungan masa pakai mesin dan fungsi dari mesin tersebut untuk mencapai waktu yang diinginkan dalam suatu kondisi tertentu. Bagian penting lain yang harus diperhatikan adalah *maintainability*. *Maintainability* didefinisikan sebagai kemampuan suatu mesin dalam kondisi pemakaian tertentu untuk dilakukan pemeliharaan sehingga mesin tersebut dapat menjalankan fungsi yang diperlukan.

4.2.5.1 *Reliability* dan *Maintainability* Komponen *Grate Plate*

Perhitungan *reliability* dan *maintainability* dihitung menggunakan persamaan distribusi terpilih. *Reliability* dipengaruhi oleh nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) sedangkan *maintainability* dipengaruhi oleh nilai *Mean Time To Repair* (MTTR). Berdasarkan perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) komponen *Grate Plate* diperoleh nilai MTTF sebesar 883,980 jam. Nilai MTTF tersebut dipengaruhi parameter standar deviasi *(s)* dan parameter lokasi *(t_{med})*. Oleh karena itu, diperoleh tingkat *reliability* komponen *Grate Plate* dengan menggunakan Persamaan II.32.

$R_{(t)} = 1 - \Phi\ [\ \frac{1}{s}\ \text{In}\ \frac{t}{tmed}\ ]$

$R_{(883,980)} = 1 - \Phi\ [\ \frac{1}{0,796}\ \text{In}\ \frac{883,980}{643,769}\ ]$

$= 0,345$

$= 34,5\%$

Berdasarkan hasil perhitungan *reliability existing* diperoleh *reliability* komponen *Grate Plate* pada waktu 883,980 jam sebesar 34,5%. Adapun hasil perhitungan MTTR komponen *Grate Plate* diperoleh nilai MTTR sebesar 26,667 jam. Nilai MTTR tersebut dipengaruhi oleh parameter bentuk *(β)* dan parameter skala *(θ)*. Oleh karena itu, diperoleh nilai *maintainability* komponen *Grate Plate* dengan menggunakan Persamaan II.37.

$M_{(t)} = 1 - e^{-(\frac{t}{\theta})^{\beta}}$

$M_{(26,667)} = 1 - e^{-(\frac{26,667}{30,112})^{2,184}}$

$= 0,536$

$= 53,6\%$

Berdasarkan hasil perhitungan *maintainability existing* diperoleh *maintainability* komponen *Grate Plate* dengan waktu 26,667 jam sebesar 53,6%.

4.2.5.2 *Reliability* dan *Maintainability* Komponen Poros Engkol

Perhitungan *reliability* dan *maintainability* dihitung menggunakan persamaan distribusi terpilih. *Reliability* dipengaruhi oleh nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) sedangkan *maintainability* dipengaruhi oleh nilai *Mean Time To Repair* (MTTR). Berdasarkan perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) komponen Poros Engkol diperoleh nilai MTTF sebesar 1.212,396 jam. Nilai MTTF tersebut dipengaruhi oleh parameter bentuk *(β)* dan parameter skala *(θ)*. Oleh karena itu, diperoleh tingkat *reliability* komponen Poros Engkol dengan menggunakan Persamaan II.33.

$$R_{(t)} = e^{-(\frac{t}{\theta})^{\beta}}$$

$$R_{(1.212,396)} = e^{-(\frac{1.212,396}{1.333,998})^{1,426}}$$

$$= 0,418$$

$$= 41,8\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan *reliability existing* diperoleh *reliability* komponen Poros Engkol pada waktu 1.212,396 jam sebesar 41,8%. Adapun hasil perhitungan MTTR komponen Poros Engkol diperoleh nilai MTTR sebesar 20,940 jam. Nilai MTTR tersebut dipengaruhi oleh parameter standar deviasi *(s)* dan parameter lokasi *(t_{med})*. Oleh karena itu, diperoleh tingkat *maintainability* komponen Poros Engkol dengan menggunakan Persamaan II.35.

$$M_{(t)} = \frac{1}{s(2\pi)^2} e^{-(\frac{1}{2}(\frac{t-t_{med}}{s})^2)}$$

$$M_{(20,940)} = \frac{1}{0,145(2\pi)^2} e^{-(\frac{1}{2}(\frac{26,667-20,720}{0,145})^2)}$$

$$= 0,870$$

$$= 87\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan *maintainability existing* diperoleh *maintainability* komponen Poros Engkol dengan waktu 20,940 jam sebesar 87%.

4.2.5.3 *Reliability* dan *Maintainability* Komponen *Bearing Motor*

Perhitungan *reliability* dan *maintainability* dihitung menggunakan persamaan distribusi terpilih. *Reliability* dipengaruhi oleh nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) sedangkan *maintainability* dipengaruhi oleh nilai *Mean Time To Repair* (MTTR). Berdasarkan perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) komponen *Bearing Motor* diperoleh nilai MTTF sebesar 3.473,706 jam. Nilai MTTF tersebut dipengaruhi parameter standar deviasi *(s)* dan parameter lokasi *(t_{med})*. Oleh karena itu, diperoleh tingkat *reliability* komponen *Bearing Motor* dengan menggunakan Persamaan II.32.

$R_{(t)} = 1 - \Phi\ [\ \frac{1}{s} \text{ In } \frac{t}{tmed}\ ]$

$R_{(3.473,706)} = 1 - \Phi\ [\ \frac{1}{0,635} \text{ In } \frac{3.473,706}{2.838,592}\ ]$

$= 0,375$

$= 37,5\%$

Berdasarkan hasil perhitungan *reliability existing* diperoleh *reliability* komponen *Bearing Motor* pada waktu 3.473,706 jam sebesar 37,58%. Adapun hasil perhitungan MTTR komponen *Bearing Motor* diperoleh nilai MTTR sebesar 5,505 jam. Nilai MTTR tersebut dipengaruhi oleh parameter bentuk *(β)* dan parameter skala *(θ)*. Oleh karena itu, diperoleh tingkat *maintainability* komponen *Bearing Motor* dengan menggunakan Persamaan II.37.

$M_{(t)} = 1 - e^{-(\frac{t}{\theta})^{\beta}}$

$M_{(5,505)} = 1 - e^{-(\frac{5,505}{5,854})^{7,747}}$

$= 0,462$

$= 46,2\%$

Berdasarkan hasil perhitungan *maintainability existing* diperoleh *maintainability* komponen *Bearing Motor* dengan waktu 5,505 jam sebesar 46,2%.

4.2.5.4 *Reliability* dan *Maintainability* Komponen *Rotor*

Perhitungan *reliability* dan *maintainability* dihitung menggunakan persamaan distribusi terpilih. *Reliability* dipengaruhi oleh nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) sedangkan *maintainability* dipengaruhi oleh nilai *Mean Time To Repair* (MTTR). Berdasarkan perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) komponen *Rotor* diperoleh nilai MTTF sebesar 4.590,867 jam. Nilai MTTF tersebut dipengaruhi parameter standar deviasi *(s)* dan parameter lokasi *(t_{med})*. Oleh karena itu, diperoleh tingkat *reliability* komponen *Rotor* dengan menggunakan Persamaan II.32.

$R_{(t)} = 1 - \Phi\ [\ \frac{1}{s} \text{ In } \frac{t}{tmed}\ ]$

$R_{(4.590,867)} = 1 - \Phi\ [\ \frac{1}{0,521} \text{ In } \frac{4.590,867}{4.007,212}\ ]$

$= 0,397$

$= 39,7\%$

Berdasarkan hasil perhitungan *reliability existing* diperoleh *reliability* komponen *Rotor* pada waktu 4.590,867 jam sebesar 39,7%. Adapun hasil perhitungan MTTR komponen *Rotor* diperoleh nilai MTTR sebesar 2,012 jam. Nilai MTTR tersebut dipengaruhi oleh parameter bentuk *(β)* dan parameter skala *(θ)*. Oleh karena itu, diperoleh tingkat *maintainability* komponen *Rotor* dengan menggunakan Persamaan II.37.

$M_{(t)} \quad = 1 - e^{-(\frac{t}{\theta})^{\beta}}$

$M_{(2,012)} = 1 - e^{-(\frac{2,012}{2,151})^{7,009}}$

$\quad = 0,466$

$\quad = 46,6\%$

Berdasarkan hasil perhitungan *maintainability existing* diperoleh *maintainability* komponen *Rotor* dengan waktu 2,012 jam sebesar 46,6%.

4.2.5.5 *Reliability* dan *Maintainability* Komponen *V-belt*

Perhitungan *reliability* dan *maintainability* dihitung menggunakan persamaan distribusi terpilih. *Reliability* dipengaruhi oleh nilai *Mean Time To Failure* (MTTF) sedangkan *maintainability* dipengaruhi oleh nilai *Mean Time To Repair* (MTTR). Berdasarkan perhitungan *Mean Time To Failure* (MTTF) komponen *V-belt* diperoleh nilai MTTF sebesar 6.700,369 jam. Nilai MTTF tersebut dipengaruhi oleh parameter bentuk *(β)* dan parameter skala *(θ)*. Oleh karena itu, diperoleh tingkat *reliability* komponen *V-belt* dengan menggunakan Persamaan II.33.

$R_{(t)} \quad = e^{-(\frac{t}{\theta})^{\beta}}$

$R_{(6.700,369)} = e^{-(\frac{6.700,369}{6.550,496})^{0,951}}$

$\quad = 0,360$

$\quad = 36\%$

Berdasarkan hasil perhitungan *reliability existing* diperoleh *reliability* komponen *V-belt* pada waktu 6.700,369 jam sebesar 36%. Adapun hasil perhitungan MTTR komponen *V-belt* diperoleh nilai MTTR sebesar 1,935 jam. Nilai MTTR tersebut dipengaruhi oleh parameter standar deviasi *(s)* dan parameter lokasi *(t_{med})*. Oleh karena itu, diperoleh tingkat *maintainability* komponen *V-belt* dengan menggunakan Persamaan II.37.

$M_{(t)} \quad = \frac{1}{ts\sqrt{2\pi}} e^{(\frac{(ln_t - \mu)^2}{2s^2})}$

$M_{(1,935)} = \frac{1}{1,935 \text{ x } 0,288\sqrt{2\pi}} e^{\left(\frac{(ln_{1,935} - 0,618)^2}{2 \, x \, 0,288^2}\right)}$

= 0,722

= 72,2%

Berdasarkan hasil perhitungan *maintainability existing* diperoleh *maintainability* komponen *V-belt* dengan waktu 1,935 jam sebesar 72,2%.

4.2.6 Perhitungan *Availability Existing*

Berdasarkan tingkat *reliability* dan maintainbility *existing* dapat diperoleh tingkat *availability existing*. *Availability* didefinisikan sebagai probabilitas bahwa komponen atau sistem dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang diperlukan pada waktu tertentu ketika digunakan dibawah kondisi operasi yang telah ditetapkan. Berdasarkan Persamaan II.38 tingkat *availability* dapat diketahui apabila nilai probabilitas *downtime* telah diperoleh.

4.2.6.1 *Availability* Komponen *Grate Plate*

Berdasarkan hasil perhitungan pada sub-bab 4.2.5.1 diperoleh tingkat *reliability* komponen *Grate Plate* pada waktu 883,980 jam sebesar 0,345. Tingkat *maintainability* komponen *Grate Plate* dengan waktu 26,667 jam sebesar 0,536. Kerusakan yang terjadi pada komponen *Grate Plate* hanya bisa diatasi dengan penggantian *Grate Plate*. Data waktu penggantian pada komponen *Grate Plate* dapat dilihat pada Tabel 4.9. Nilai *downtime* yang diakibatkan penggantian *Grate Plate* pada saat terjadi kerusakan *Grate Plate* dapat menggunakan Persamaan II.41.

MTTF = 883,980 jam

$R_{(883,980)}$ = 0,345

Tp = 24,84 jam

Tf = MTTR = 26,667 jam

Diperoleh nilai rata-rata waktu kerusakan apabila *preventive maintenance* dilakukan berdasarkan interval pemeliharaan menggunakan Persamaan II.40.

$N_{(883,980)} = \frac{MTTF}{1-R_{(883,980)}} = \frac{883,980}{1-0,345} = 1.350,101$

Dengan demikian dapat diperoleh nilai *downtime* penggantian *Grate Plate* pada saat terjadi kerusakan *Grate Plate*.

$D_{(883,980)} = \frac{TpR_{(t)} + Tf\ (1-R_{(t)})}{(t+Tp)\ R_{(t)} + ((N_{(t)} + Tf)\ (1-R_{(t)})}$

$$= \frac{(24{,}84\ \ x\ 0{,}345)+(26{,}667\ x\ (1-0{,}345))}{(883{,}980\ +\ 24{,}84)x\ 0{,}345+((1.350{,}101+26{,}667)x\ (1-0{,}345))}$$

= 0,0221

Berdasarkan nilai probabilitas *downtime* tersebut diperoleh tingkat *availability* komponen *Grate Plate* menggunakan Persamaan II.38.

$A_{(883{,}980)} = 1 - D_{(t)}$

$= 1 - 0{,}0214$

$= 0{,}9786$

Berdasarkan perhitungan tersebut dapat diketahui tingkat *availability* komponen *Grate Plate existing* adalah sebesar 0,9786 atau 97,86%.

4.2.6.2 *Availability* Komponen Poros Engkol

Berdasarkan hasil perhitungan pada sub-bab 4.2.5.2 diperoleh tingkat *reliability* komponen Poros Engkol pada waktu 1.212,396 jam sebesar 0,418. Tingkat *maintainability* komponen Poros Engkol dengan waktu 20,940 jam sebesar 0,870. Kerusakan yang terjadi pada komponen Poros Engkol dapat diatasi dengan perbaikan Poros Engkol. Data waktu perbaikan pada komponen Poros Engkol dapat dilihat pada Tabel 4.9. Nilai *downtime* yang diakibatkan perbaikan Poros Engkol pada saat terjadi kerusakan Poros Engkol dapat menggunakan Persamaan II.41.

MTTF = 1.212,396 jam

$R_{(1.212{,}396)} = 0{,}418$

Tp = 20,840 jam

Tf = MTTR = 20,940 jam

Diperoleh nilai rata-rata waktu kerusakan apabila *preventive maintenance* dilakukan berdasarkan interval pemeliharaan menggunakan Persamaan II.40.

$$N_{(1.212{,}396)} = \frac{MTTF}{1-R_{(1.212{,}396)}} = \frac{1.212{,}396}{1-0{,}418} = 2.082{,}742$$

Dengan demikian dapat diperoleh nilai *downtime* perbaikan Poros Engkol pada saat terjadi kerusakan Poros Engkol.

$$D_{(1.212{,}396)} = \frac{TpR_{(\mathrm{t})}+Tf\ (1-R_{(\mathrm{t})})}{(t+Tp)\ R_{(\mathrm{t})}+((N_{(\mathrm{t})}+Tf)\ (1-R_{(\mathrm{t})})}$$

$$= \frac{(20{,}840\ \ \ x\ 0{,}418)+(20{,}940\ x\ (1-0{,}418))}{(1.212{,}396\ +\ 20{,}840)x\ 0{,}418+((2.082{,}742+20{,}940)x\ (1-0{,}418))}$$

= 0,0120

Berdasarkan nilai probabilitas *downtime* tersebut diperoleh tingkat *availability* komponen Poros Engkol menggunakan Persamaan II.38.

$A_{(1212,396)} = 1 - D_{(t)}$

$= 1 - 0{,}0120$

$= 0{,}9880$

Berdasarkan perhitungan tersebut dapat diketahui tingkat *availability* komponen Poros Engkol *existing* adalah sebesar 0,9880 atau 98,80%.

4.2.6.3 *Availability* Komponen *Bearing Motor*

Berdasarkan hasil perhitungan pada sub-bab 4.2.5.3 diperoleh tingkat *reliability* komponen *Bearing Motor* pada waktu 3.473,706 jam sebesar 0,375. Tingkat *maintainability* komponen *Bearing Motor* dengan waktu 5,505 jam sebesar 0,462. Kerusakan yang terjadi pada komponen *Bearing Motor* dapat diatasi dengan penggantian *Bearing Motor*. Data waktu penggantian pada komponen *Bearing Motor* dapat dilihat pada Tabel 4.9. Nilai *downtime* yang diakibatkan penggantian *Bearing Motor* pada saat terjadi kerusakan *Bearing Motor* dapat menggunakan Persamaan II.41.

MTTF = 3.473,706 jam

$R_{(3.473,706)} = 0{,}375$

$Tp = 5{,}540$ jam

Tf = MTTR = 5,505 jam

Diperoleh nilai ekspektasi panjang siklus terjadi kerusakan jika penggantian dilakukan berdasarkan interval pemeliharaan menggunakan Persamaan II.40.

$$N_{(3.473,706)} = \frac{MTTF}{1-R_{((3.473,706)}} = \frac{3.473,706}{1-0,375} = 5.560{,}973$$

Dengan demikian dapat diperoleh nilai *downtime* penggantian *Bearing Motor* pada saat terjadi kerusakan *Bearing Motor*.

$$D_{(3.473,706)} = \frac{TpR_{(t)}+Tf\ (1-R_{(t)})}{(t+Tp)\ R_{(t)}+((N_{(t)}+Tf)\ (1-R_{(t)})}$$

$$= \frac{(5{,}540\ x\ 0{,}375)+(5{,}505\ x\ (1-0{,}375))}{(3.473{,}706+\ 5{,}540)x\ 0{,}375\ +((5.560{,}973+5{,}505\ )x\ (1-0{,}375))} = 0{,}0012$$

Berdasarkan nilai probabilitas *downtime* tersebut diperoleh tingkat *availability* komponen *Bearing Motor* menggunakan Persamaan II.38.

$A_{(3.473,706)} = 1 - D_{(t)}$

$= 1 - 0{,}0012$

$= 0{,}9988$

Berdasarkan perhitungan tersebut dapat diketahui tingkat *availability* komponen *Bearing Motor existing* adalah sebesar 0,9988 atau 99,88%.

4.2.6.4 *Availability* Komponen *Rotor*

Berdasarkan hasil perhitungan pada sub-bab 4.2.5.4 diperoleh tingkat *reliability* komponen *Rotor* pada waktu 4.590,867 jam sebesar 0,397. Tingkat *maintainability* komponen *Rotor* dengan waktu 2,012 jam sebesar 0,466. Kerusakan yang terjadi pada komponen *Rotor* dapat diatasi dengan perbaikan *Rotor*. Data waktu perbaikan pada komponen *Rotor* dapat dilihat pada Tabel 4.9. Nilai *downtime* yang diakibatkan perbaikan *Rotor* pada saat terjadi kerusakan *Rotor* dapat menggunakan Persamaan II.41.

MTTF = 4.590,867 jam

$R_{(4.590,867)}$ = 0,397

Tp = 2,020 jam

Tf = MTTR = 2,012 jam

Diperoleh nilai rata-rata waktu kerusakan apabila *preventive maintenance* dilakukan berdasarkan interval pemeliharaan menggunakan Persamaan II.40.

$$N_{(4.590,867)} = \frac{MTTF}{1-R_{(4.590,867)}} = \frac{4.590,867}{1-0,397} = 7.615,217$$

Dengan demikian dapat diperoleh nilai *downtime* perbaikan *Rotor* pada saat terjadi kerusakan *Rotor*.

$$D_{(4.590,867)} = \frac{TpR_{(t)}+Tf\ (1-R_{(t)})}{(t+Tp)\ R_{(t)}+((N_{(t)}+Tf)\ (1-R_{(t)})}$$

$$= \frac{(2,020\ x\ 0,397)+(2,012\ x\ (1-0,397))}{(4.590,867+2,020)x\ 0,397+((7.615,217+2,012)x\ (1-0,397))} = 0,0003$$

Berdasarkan nilai probabilitas *downtime* tersebut diperoleh tingkat *availability* komponen *Rotor* menggunakan Persamaan II.38.

$A_{(4590,867)} = 1 - D_{(t)}$

$= 1 - 0,0003$

$= 0,9997$

Berdasarkan perhitungan tersebut dapat diketahui tingkat *availability* komponen *Rotor existing* adalah sebesar 0,9997 atau 99,97%.

4.2.6.5 *Availability* Komponen *V-belt*

Berdasarkan hasil perhitungan pada sub-bab 4.2.5.5 diperoleh tingkat *reliability* komponen *V-belt* pada waktu 6.700,369 jam sebesar 0,360. Tingkat *maintainability* komponen *V-belt* dengan waktu 1,935 jam sebesar 0,722. Kerusakan yang terjadi pada komponen *V-belt* dapat diatasi dengan perbaikan *V-belt*. Data waktu perbaikan pada komponen *V-belt* dapat dilihat pada Tabel 4.9. Nilai *downtime* yang diakibatkan perbaikan *V-belt* pada saat terjadi kerusakan *V-belt* dapat menggunakan Persamaan II.41.

MTTF = 6.700,369 jam

$R_{(6.700,369)}$ = 0,360

Tp = 1,910 jam

Tf = MTTR = 1,935 jam

Diperoleh nilai rata-rata waktu kerusakan apabila *preventive maintenance* dilakukan berdasarkan interval pemeliharaan menggunakan Persamaan II.40.

$$N_{(6.700,369)} = \frac{MTTF}{1-R_{(6.700,369)}} = \frac{6.700,369}{1-0,360} = 10.468,763$$

Dengan demikian dapat diperoleh nilai *downtime* perbaikan *V-belt* pada saat terjadi kerusakan *V-belt*.

$$D_{(6.700,369)} = \frac{TpR_{(t)}+Tf\ (1-R_{(t)})}{(t+Tp)\ R_{(t)}+((N_{(t)}+Tf)\ (1-R_{(t)})}$$

$$= \frac{(1,910\ x\ 0,360)+(1,935\ x\ (1-0,360))}{(6.700,369 + 1,910) x\ 0,360 + ((5.853,699 + 1,935) x\ (1-0,360))} = 0,0002$$

Berdasarkan nilai probabilitas *downtime* tersebut diperoleh tingkat *availability* komponen *V-belt* menggunakan Persamaan II.38.

$A_{(6.700,369)} = 1 - D_{(t)}$

$= 1 - 0,0002$

$= 0,9998$

Berdasarkan perhitungan tersebut dapat diketahui tingkat *availability* komponen *V-belt existing* adalah sebesar 0,9998 atau 99,98%. Tabel 4.70 merupakan rekapitulasi hasil perhitungan tingkat *reliability*, *maintainability*, dan *availability* dari komponen *Grate Plate*, *Poros Engkol, Bearing Motor*, *Rotor*, dan *V-belt*.

Tabel 4.70 Rekapitulasi *Reliability*, *Maintainability*, dan *Availability Existing*

Komponen	*Reliability* (%)	*Maintainability* (%)	*Availability* (%)
Grate Plate	34,5	53,6	97,86
Poros Engkol	41,8	87	98,80
Bearing Motor	37,5	46,2	99,88
Rotor	39,7	46,6	99,97
V-belt	36	72,2	99,98

Dilihat pada Tabel 4.70, komponen *Grate Plate* memiliki tingkat *reliability* yang paling rendah meskipun tingkat *maintainability* sebesar 53,6% sehingga menyebabkan tingkat *availability* komponen ini paling rendah.

4.2.7 Penentuan Interval Pemeliharaan

Tujuan pemeliharaan yang hendak dicapai adalah meminimalkan *downtime*. Besar kecilnya tingkat *availability* dipengaruhi oleh *downtime* komponen atau mesin. Model yang digunakan untuk penentuan interval pemeliharaan dengan meminimalkan *downtime* yaitu model *age replacement*. Penentuan interval pemeliharaan setiap komponen dilakukan secara *try* and *error* yang berdekatan dengan nilai MTTF. Diharapkan melalui *try and error* interval pemeliharaan memiliki *downtime* yang paling kecil sehingga terjadi peningkatan *availability*.

4.2.7.1 Penentuan Interval Pemeliharaan Komponen *Grate Plate*

Penentuan interval pemeliharaan *Grate Plate* dengan menggunakan pendekatan model *age replacement* dilakukan secara *try and error* ditunjukkan pada Tabel 4.71.

Tabel 4.71 Penentuan interval pemeliharaan komponen *Grate Plate*

***t* (jam)**	$R_{(t)}$	$N_{(t)}$	$D_{(t)}$	$A_{(t)}$
300	0,831	5236,012	0,021711	0,978289
350	0,778	3980,748	0,021370	0,978630
400	0,725	3213,710	0,021134	0,978866
450	0,674	2707,635	0,020981	0,979019
500	0,625	2354,234	0,020895	0,979105
550	0,578	2096,485	0,020863	0,979137
**564	0,566	2036,663	0,020862	0,979138
600	0,535	1901,961	0,020874	0,979126
650	0,495	1751,062	0,020920	0,979080
700	0,458	1631,342	0,020993	0,979007
750	0,424	1534,565	0,021089	0,978911
800	0,392	1455,092	0,021204	0,978796
850	0,364	1388,946	0,021333	0,978667
*883,980	0,345	1350,101	0,021427	0,978573
900	0,337	1333,254	0,021473	0,978527
950	0,313	1285,889	0,021622	0,978378

Keterangan: * Rata-rata interval kerusakan pada kondisi *existing*

** Usulan interval pemeliharaan

Diperoleh interval pemeliharaan *Grate Plate* yang memiliki *downtime* terendah pada interval 564 jam dengan nilai *downtime* sebesar 0,020862 sehingga memperoleh tingkat *availability* 0,979138. *Grate Plate* dengan interval tersebut memiliki *reliability* sebesar 56,6%.

4.2.7.2 Penentuan Interval Pemeliharaan Komponen Poros Engkol

Penentuan interval pemeliharaan Poros Engkol dengan menggunakan pendekatan model *age replacement* dilakukan secara *try and error* ditunjukkan pada Tabel 4.72.

Tabel 4.72 Penentuan interval pemeliharaan komponen Poros Engkol

t (jam)	$R_{(t)}$	$N_{(t)}$	$D_{(t)}$	$A_{(t)}$
100	0,975	49421,802	0,015663	0,984337
200	0,935	18774,580	0,014678	0,985322
300	0,888	10803,737	0,013906	0,986094
400	0,836	7381,623	0,013306	0,986694
500	0,781	5546,323	0,012847	0,987153
600	0,726	4428,138	0,012504	0,987496
700	0,671	3688,022	0,012256	0,987744
800	0,617	3168,888	0,012089	0,987911
900	0,565	2788,868	0,011989	0,988011
1.000	0,515	2501,476	0,011946	0,988054
1.010	0,510	2476,641	0,011945	0,988055
1.020	0,506	2452,420	0,011944	0,988056
**1.035	0,498	2417,198	0,011944	0,988056
1.040	0,496	2405,743	0,011944	0,988055
1.050	0,491	2383,249	0,011944	0,988055
1.060	0,487	2361,294	0,011945	0,988053
1.070	0,482	2339,860	0,011947	0,988053
1.080	0,477	2318,932	0,011948	0,988052
1.090	0,473	2298,493	0,011951	0,988049
1.100	0,468	2278,528	0,011953	0,988047
1.200	0,423	2102,023	0,012003	0,987997
*1.212,396	0,418	2082,742	0,012011	0,987989
1.300	0,381	1959,975	0,012089	0,987911
1.400	0,343	1844,115	0,012206	0,987794
1.500	0,307	1748,566	0,012349	0,987651
1.600	0,274	1669,049	0,012515	0,987485
1.700	0,243	1602,374	0,012699	0,987301

Keterangan: * Rata-rata interval kerusakan pada kondisi *existing*

** Usulan interval pemeliharaan

Diperoleh interval pemeliharaan Poros Engkol yang memiliki *downtime* terendah pada interval 1.035 jam dengan nilai *downtime* sebesar 0,011944 sehingga memperoleh tingkat *availability* 0,988056. Poros Engkol dengan interval tersebut memiliki *reliability* sebesar 49,8%.

4.2.7.3 Penentuan Interval Pemeliharaan Komponen *Bearing Motor*

Penentuan interval pemeliharaan *Bearing Motor* dengan menggunakan model *age replacement* dilakukan secara *try and error* ditunjukkan pada Tabel 4.73.

Tabel 4.73 Penentuan interval pemeliharaan komponen *Bearing Motor*

***t* (jam)**	$R_{(t)}$	$N_{(t)}$	$D_{(t)}$	$A_{(t)}$
1.900	0,736	13169,017	0,001134	0,998866
2.000	0,709	11944,970	0,001129	0,998871
2.100	0,682	10935,206	0,001126	0,998874
2.200	0,656	10092,250	0,001123	0,998877
2.300	0,630	9381,080	0,001122	0,998878
2.400	0,604	8775,417	0,001121	0,998879
**2.500	0,579	8255,238	0,001121	0,998879
2.600	0,555	7805,074	0,001122	0,998878
2.700	0,531	7412,820	0,001124	0,998876
2.800	0,509	7068,895	0,001126	0,998874
2.900	0,487	6765,635	0,001129	0,998871
3.000	0,465	6496,848	0,001132	0,998868
3.100	0,445	6257,489	0,001136	0,998864
3.200	0,425	6043,412	0,001140	0,998860
3.400	0,406	5851,182	0,001145	0,998855
3.400	0,388	5677,934	0,001150	0,998850
*3.473,706	0,375	5560,973	0,001154	0,998846
3.500	0,371	5521,264	0,001155	0,998845
3.600	0,354	5379,139	0,001160	0,998840
3.700	0,338	5249,833	0,001166	0,998834

Keterangan: * Rata-rata interval kerusakan pada kondisi *existing*

** Usulan interval pemeliharaan

Diperoleh interval pemeliharaan *Bearing Motor* yang memiliki *downtime* terendah pada interval 2.500 jam dengan nilai *downtime* sebesar 0,001121 sehingga memperoleh tingkat *availability* 0,998879. *Bearing Motor* dengan interval tersebut memiliki *reliability* sebesar 57,9%.

4.2.7.4 Penentuan Interval Pemeliharaan Komponen *Rotor*

Penentuan interval pemeliharaan *Rotor* dengan menggunakan pendekatan model *age replacement* dilakukan secara *try and error* ditunjukkan pada Tabel 4.74.

Tabel 4.74 Penentuan interval pemeliharaan komponen *Rotor*

***t* (jam)**	$R_{(t)}$	$N_{(t)}$	$D_{(t)}$	$A_{(t)}$
3.000	0,711	15862,940	0,000300	0,999700
3.100	0,689	14748,533	0,000300	0,999700

Tabel 4.74 Penentuan interval pemeliharaan komponen *Rotor* (Lanjutan)

***t* (jam)**	$R_{(t)}$	$N_{(t)}$	$D_{(t)}$	$A_{(t)}$
3.200	0,667	13782,034	0,000300	0,999700
3.300	0,645	12938,681	0,000300	0,999700
**3.400	0,624	12198,641	0,000300	0,999700
3.500	0,602	11545,889	0,000301	0,999699
3.600	0,581	10967,372	0,000302	0,999698
3.700	0,561	10452,378	0,000302	0,999698
3.800	0,541	9992,050	0,000303	0,999697
3.900	0,521	9579,017	0,000304	0,999696
4.000	0,501	9207,110	0,000306	0,999694
4.100	0,482	8871,130	0,000307	0,999693
4.200	0,464	8566,674	0,000308	0,999692
4.300	0,446	8289,993	0,000310	0,999690
4.400	0,429	8037,881	0,000311	0,999689
4.500	0,412	7807,579	0,000313	0,999687
*4.590,867	0,397	7615,217	0,000314	0,999686
4.600	0,396	7596,707	0,000314	0,999686
4.700	0,380	7403,201	0,000316	0,999684
4.800	0,365	7225,263	0,000318	0,999682

Keterangan: * Rata-rata interval kerusakan pada kondisi *existing*
** Usulan interval pemeliharaan

Diperoleh interval pemeliharaan *Rotor* yang memiliki *downtime* terendah pada interval 3.400 jam dengan nilai *downtime* sebesar 0,00300 sehingga memperoleh tingkat *availability* 0,999700. *Rotor* dengan interval tersebut memiliki *reliability* sebesar 62,4%.

4.2.7.5 Penentuan Interval Pemeliharaan Komponen *V-belt*

Penentuan interval pemeliharaan *V-belt* dengan menggunakan model *age replacement* dilakukan secara *try and error* ditunjukkan pada Tabel 4.75

Tabel 4.75 Penentuan interval pemeliharaan komponen *V-belt*

***t* (jam)**	$R_{(t)}$	$N_{(t)}$	$D_{(t)}$	$A_{(t)}$
5.800	0,410	11363,476	0,0002118	0,9997882
5.900	0,404	11250,005	0,0002117	0,9997883
6.000	0,399	11140,464	0,0002116	0,9997884
6.100	0,393	11034,661	0,0002115	0,9997885
6.200	0,387	10932,418	0,0002114	0,9997886
6.300	0,382	10833,567	0,0002114	0,9997886
6.400	0,376	10737,951	0,0002113	0,9997887
6.500	0,371	10645,422	0,0002113	0,9997887

Tabel 4.75 Penentuan interval pemeliharaan komponen *V-belt* (Lanjutan)

***t* (jam)**	**$R_{(t)}$**	**$N_{(t)}$**	**$D_{(t)}$**	**$A_{(t)}$**
6.600	0,365	10555,841	0,0002113	0,9997887
6.700	0,360	10469,078	0,0002113	0,9997887
**6.700,369	0,360	10468,763	0,0002113	0,9997887
6.750	0,357	10426,714	0,0002112	0,9997888
6.800	0,355	10385,009	0,0002112	0,9997888
6.850	0,352	10343,949	0,0002113	0,9997887
6.900	0,350	10303,519	0,0002113	0,9997887
7.000	0,345	10224,499	0,0002113	0,9997887
7.100	0,340	10147,844	0,0002113	0,9997887
7.200	0,335	10073,457	0,0002113	0,9997887
7.300	0,330	10001,245	0,0002114	0,9997886
7.400	0,325	9931,122	0,0002115	0,9997885

Keterangan: * Rata-rata interval kerusakan pada kondisi *existing*

** Usulan interval pemeliharaan

Usulan interval pemeliharaan berdasarkan nilai MTTF komponen *V-belt.* Hal tersebut dikarenakan interval yang memiliki availability terbesar berada setelah nilai MTTF. Oleh karena itu, agar komponen V-belt tidak mengalami kerusakan terlebih dahulu, maka ditetapkan berdasarkan nilai MTTF yaitu pada interval 6.700,369 jam. Pada interval pemeliharaan tersebut, *V-belt* memiliki nilai *downtime* sebesar 0,0002113 sehingga memperoleh tingkat *availability* 0,9997887. *V-belt* dengan interval tersebut memiliki *reliability* sebesar 36%.

4.2.8 Pengaruh Penentuan Interval Pemeliharaan Terhadap Hasil Produksi

Rekapitulasi perbandingan *existing* dengan hasil usulan interval pemeliharaan optimal yang terdiri dari kriteria *reliability* $(R_{(t)})$, *availability* $(A_{(t)})$, dan *maintainability* $(M_{(t)})$ setiap komponen.

Tabel 4.76 Perbandingan kinerja komponen *existing* dengan usulan

Komponen	***Existing***				**Usulan**			
	MTTF (jam)	**$R_{(t)}$**	**$A_{(t)}$**	**$M_{t)}$**	***t* (jam)**	**$R_{(t)}$**	**$A_{(t)}$**	**$M_{(t)}$**
Grate Plate	883,980	0,345	0,9786	0,536	564	0,566	0,9791	0,536
Poros Engkol	112,396	0,418	0,9880	0,870	1.035	0,498	0,9881	0,870
Bearing Motor	3.473,706	0,375	0,9988	0,462	2.500	0,579	0,9989	0,462
Rotor	4.590,867	0,397	0,9997	0,466	3.400	0,624	0,9997	0,466
V-belt	6.700,369	0,360	0,9998	0,722	6.700,369	0,360	0,9998	0,722

Dapat dilihat pada Tabel 4.73 setelah dilakukan penentuan interval pemeliharaan terdapat perubahan pada kriteria *reliability* dan *availability*. Perubahan tersebut terjadi pada komponen *Grate Plate*, Poros Engkol, *Bearing Motor*, dan *Rotor*. *Maintainability* setiap komponen tidak mengalami perubahan karena pada penelitian ini tidak merubah desain mesin sehingga kebutuhan waktu dan tingkat kemudahan dalam pemeliharaan tidak berubah.

Seperti diketahui pada Tabel 4.4, terdapat dua bagian yang menjadi penyebab terjadi kerusakan pada mesin *Grate Cooler*. Bagian tersebut adalah bagian *Cooling Grate* dan *Clinker Breaker*. Komponen yang menyebabkan *Cooling Grate* tidak berfungsi adalah komponen *Grate Plate*, Poros Engkol, dan *Bearing Motor*. Komponen yang menyebabkan *Clinker Breaker* tidak berfungsi adalah komponen *Rotor* dan *V-belt*. *Availability* dari setiap komponen dapat dihitung secara sistem dengan Persamaan II.39. Perhitungan a*vailability Grate Cooler* tidak melibatkan bagian *Hopper* dan *Drag Chain* karena memiliki tingkat *availability* satu. Nilai *availability* sama dengan satu tidak akan mempengaruhi perhitungan *availability* bagian *Grate Cooler* yang mengalami *breakdown*. Dibawah ini merupakan perhitungan *availability* secara sistem pada kondisi *existing*.

$A_{(Cooling\ Grate)} = A_{(Grate\ Plate)} \times A_{(\text{Poros Engkol})} \times A_{(Bearing\ Motor)}$

$= 0{,}9786 \times 0{,}9880 \times 0{,}9988 = 0{,}9657$

$A_{(Clinker\ Breaker)} = A_{(Rotor)} \times A_{(V\text{-}belt)}$

$= 0{,}9997 \times 0{,}9998 = 0{,}9995$

$A_{(Grate\ Cooler)} = A_{(Cooling\ Grate)} \times A_{(Clinker\ Breaker)}$

$= 0{,}9657 \times 0{,}9995 = 0{,}9652$

Adapun perhitungan *availability* secara sistem berdasarkan hasil usulan interval pemeliharaan optimal dengan menggunakan Persamaan II.39.

$A_{(Cooling\ Grate)} = A_{(Grate\ Plate)} \times A_{(\text{Poros Engkol})} \times A_{(Bearing\ Motor)}$

$= 0{,}9791 \times 0{,}9881 \times 0{,}9989 = 0{,}9664$

$A_{(Clinker\ Breaker)} = A_{(Rotor)} \times A_{(V\text{-}belt)}$

$= 0{,}9997 \times 0{,}9998 = 0{,}9995$

$A_{(Grate\ Cooler)} = A_{(Cooling\ Grate)} \times A_{(Clinker\ Breaker)}$

$= 0{,}9664 \times 0{,}9995 = 0{,}9659$

Tingkat *availability* ini dapat mempengaruhi terhadap hasil produksi dalam satu tahun. PT X memiliki rata-rata total waktu produksi tersedia dalam satu tahun adalah 350 hari. Hasil produksi semen dapat dihitung melalui informasi *cycle time* pada sub bab 4.1.2.6. Rekapitulasi perhitungan hasil produksi tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.77.

Contoh perhitungan hasil produksi pada kondisi *existing*:

Waktu produksi = 0,9652 x 350

= 337,819 hari ≈ 8.107,651 jam

Hasil Produksi = $\frac{8.107,651 \text{ jam}}{0,0065 \text{ jam/ton}}$ = 1.249.929,603 ton

Tabel 4.77 Perbandingan hasil produksi

Kondisi	***Availability Grate Cooler***	**Waktu Produksi (Jam)**	**Hasil Produksi (Ton)**
Existing	0,9652	8.107,651	1.249.929,603
Usulan	0,9659	8.113,260	1.250.794,282
Selisih			864,679

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut pada kondisi *existing* memiliki waktu produksi sebesar 337,819 hari atau 8.107,651 jam. Sisa waktu 12,181 hari dikarenakan mesin tidak dapat beroperasi karena kegiatan *corrective maintenance*. *Grate Cooler* dalam memproduksi satu ton *Clinker* memerlukan waktu 0,0065 jam, sehingga produk yang dihasilkan dalam satu tahun sebanyak 1.249.929,603 ton. Apabila usulan interval pemeliharaan diterapkan sebagai bentuk kegiatan *preventive maintenance*, akan meningkatkan hasil produksi sebesar 0,07% setara dengan 864,679 ton per tahun. Selain itu, dapat menghilangkan *downtime* yang diakibatkan dari kegiatan administrasi non teknis pada *corrective maintenance.*