

BAB 4

PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menjelaskan tentang pengumpulan data dan pengolahan data. Dimana pengumpulan data tersebut terdiri dari primer dan sekunder.

4.1 Waktu Kerja Mesin

4.1.1 Periode Penelitian

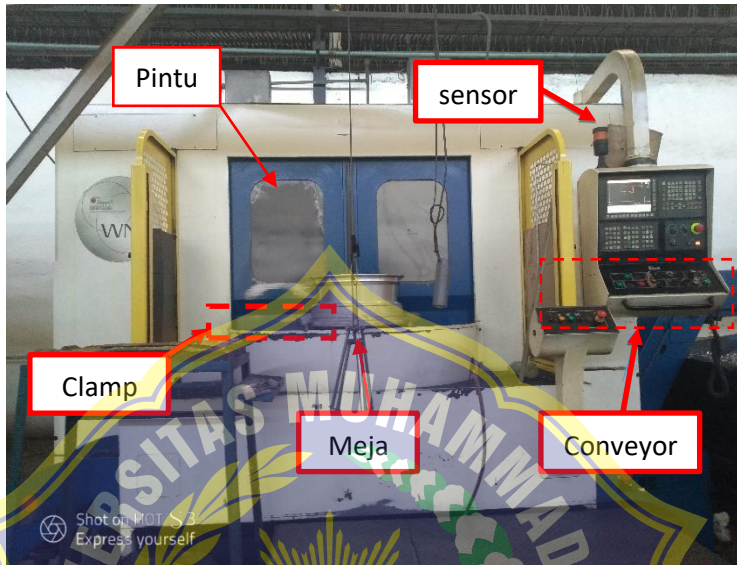
Lamanya periode yang diambil untuk penelitian selama 1 tahun yang dimulai pada bulan Januari 2018 sampai dengan Desember 2018 yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan interval perawatan.

4.1.2 Data Jam Kerja

Dari PT.Prima Alloy Steel memiliki system tenaga kerja 3 shift yang memiliki 8 jam kerja, yang mana 6 hari kerja 7 jam aktif bekerja, dan 1 jam kerja untuk istirahat. Sedangkan 1 hari kerja 6 jam aktif bekerja.

4.1.3 Data Komponen

Dalam penelitian ini data yang diambil adalah data dari mesin CNC pembuat velg mobil. Dari jenis mesin CNC tersebut memiliki komponen seperti gambar di bawah.



Gambar 4.1 Mesin CNC Tipe Intermato WN20 – T4
sumber: (Dokumentasi pribadi)

Mesin CNC Tipe Intermato WN20 – T4 ini adalah mesin pembuat velg mobil, yang cara kerjanya yaitu mengerjakan pembubutan dari velg mentah hingga menghasilkan velg siap dipasarkan.

Pada data history maintenance di PT Alloy Steel Universal Tbk, Mesin CNC Tipe Intermato WN20 – T4 memiliki data-data komponen kerusakan yaitu :

- Komponen Pintu
- Komponen meja
- Komponen conveyor
- Komponen Clamp
- Sensor

4.1.4 Data Perbaikan Mesin

Selain komponen mesin yang terdapat data perbaikan mesin dari mesin Bubut CNC Intermato Wn20-T4. Data yang diambil dimulai pada bulan Januari 2018 sampai dengan Desember 2018. Data tersebut dapat dilihat pada tabel dibawa



Tabel 4.1 Data Perbaikan Mesin Bubut CNC Intermato Wn20-T4

No	Kerusakan Mesin	Tanggal Perbaikan	Mulai	Selesai	Action Plan
1	SENSOR JAW ERROR	23.01.2018	03:00	03:30	Ganti Sensor
2	MEJA MACET	24.01.2018	16:15	17:15	Ganti Oring
3	MEJA MACET	24.01.2018	00:45	01:15	Ganti Oring
4	PALLET OUT POSITION	23.02.2018	11:00	12:30	Memposisikan posisi pallet
5	CLAMP MACET	24.02.2018	09:45	10:45	Ganti Clamp
6	PINTU MACET	24.02.2018	16:15	16:45	Cek Sensor, Roller, Rel, Cylinder
7	SPINDLE LOCK	07.03.2018	18:30	19:30	Setting spindle
8	PINTU MACET	13.03.2018	02:00	03:00	Cek sensor, Roller, rel, Cylinder
9	CONVEYOR MACET	15.03.2018	05:00	10:00	Pengecekan sensor, Sampah Gram
10	OLI LUBRIKASI BOCOR	15.03.2018	00:30	01:00	Menutup bagian yang bocor
11	MEJA MACET	21.03.2018	00:30	01:30	Ganti Oring
12	SELANG ANGIN CLAMP RUSAK	26.03.2018	20:30	11:00	Gantil Clamp Selang
13	CLAMP MACET	29.03.2018	09:30	10:00	Ganti Clamp
14	CLAMP MACET	04.04.2018	09:30	10:30	Ganti Clamp
15	MEJA BOCOR	25.04.2018	14:00	14:00	Ganti Oring
16	PINTU MACET	26.04.2018	13:30	14:00	Cek Sensor, Roller, Rel, Cylinder
17	PINTU MACET	26.04.2018	05:00	06:00	Cek Sensor, Roller, Rel, Cylinder
18	SENSOR PALLET ERROR	27.04.2018	18:45	19:15	Ganti Sensor Pallet
19	PINTU MACET	19.05.2018	00:45	01:45	Cek Sensor, Roller, Rel, Cylinder

20	PINTU MACET	24.05.2018	08:15	08:45	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
21	PINTU MACET	26.05.2018	13:30	14:00	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
22	PINTU MACET	27.05.2018	17:15	18:45	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
23	PINTU MACET	27.05.2018	22:00	22:45	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
24	PINTU MACET	30.05.2018	22:45	23:15	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
25	ENCODER DATA ERROR	04.06.2018	06:00	06:45	Setting Encoder
26	PINTU MACET	07.06.2018	05:00	05:45	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
27	PINTU MACET	11.06.2018	12:30	13:30	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
28	PINTU MACET	11.06.2018	09:30	10:00	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
29	PINTU MACET	11.06.2018	12:00	13:00	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
30	PINTU MACET	11.06.2018	16:00	17:00	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
31	CYLINDER PINTU OFF	12.06.2018	21:30	23:30	Ganti Cylinder
32	PINTU MACET	22.06.2018	04:30	05:30	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
33	PINTU MACET	25.06.2018	12:00	13:00	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
34	PINTU MACET	02.07.2018	08:45	09:15	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
35	ALARM SPINDLE INHIBITED	09.07.2018	01:30	02:00	Setting Spindel
36	PINTU MACET	12.07.2018	06:30	07:00	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
37	PINTU MACET	13.07.2018	08:45	09:15	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
38	PINTU MACET	14.07.2018	21:15	22:15	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
39	PINTU MACET	17.07.2018	00:45	01:15	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
40	TURRET MACET	20.07.2018	09:45	10:15	Ganti Sensor
41	TURRET MACET	22.07.2018	06:30	07:00	Ganti Sensor
42	BALANCE NOT OK	23.07.2018	04:30	05:30	Setting Balance

43	BALANCE NOT OK	24.07.2018	10:30	14:30	Setting Balance
44	PINTU MACET	31.07.18	16:30	16:30	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
45	ALARM DETECT ABNORMAL TORQUE	31.07.18	17:00	19:00	Setting C1 – C2
46	ALARM THERMAL	31.07.18	02:45	03:15	Cek Elektrical
47	PINTU MACET	01.08.18	15:30	17:00	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
48	SENSOR JAW ERROR	01.08.18	22:00	22:45	Ganti Sensor
49	SENSOR JAW ERROR	01.08.18	01:15	02:15	Ganti Sensor
50	SENSOR JAW ERROR	05.08.18	08:00	09:00	Ganti Sensor
51	PINTU MACET	07.08.18	13:30	14:30	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
52	ENCODER DATA ERROR	10.08.18	03:00	04:00	Setting Encoder
53	PINTU MACET	18.08.18	06:00	06:30	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
54	PINTU MACET	21.08.18	16:30	17:30	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
55	PINTU MACET	24.08.2018	01:30	02:00	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
56	PINTU MACET	30.08.2018	09:00	09:30	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
57	PINTU MACET	31.08.2018	21:00	21:30	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
58	PINTU MACET	31.08.2018	06:15	06:45	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
59	PINTU MACET	01.09.2018	06:00	07:00	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
60	PINTU MACET	02.09.2018	09:00	10:00	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
61	PINTU MACET	02.09.2018	19:30	20:00	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
62	PINTU MACET	02.09.2018	01:30	03:30	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
63	PINTU MACET	08.09.2018	22:15	22:45	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder

64	MEJA MACET	01.10.2018	13:30	14:00	Ganti Oring
65	CONVEYOR	04.10.2018	10:30	13:30	Pengecekan sensor, Sampah Gram
66	PINTU MACET	11.10.2018	15:00	15:30	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
67	PINTU MACET	14.10.2018	16:30	17:30	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
68	PINTU MACET	17.10.2018	00:15	00:45	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
69	PINTU MACET	25.10.2018	16:00	16:45	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
70	COOLANT MACET	31.10.2018	07:00	07:30	Ganti Motor Coolant
71	COOLANT MACET	01.11.2018	10:00	11:00	Ganti Motor Coolant
72	MEJA MACET	14.11.2018	17:00	19:30	Ganti Oring
73	PINTU MACET	17.11.2018	00:30	01:00	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
74	PINTU MACET	19.11.2018	14:45	15:15	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
75	MEJA MACET	22.11.2018	15:00	15:30	Ganti Oring
76	COOLANT MACET	30.11.2018	12:30	13:30	Ganti Motor Coolant
77	PINTU MACET	01.12.2018	20:30	21:00	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
78	CONVEYOR	10.12.2018	11:30	13:30	Pengecekan sensor, Sampah Gram
79	MEJA MACET	17.12.2018	04:30	05:30	Gnti Oring
80	ALARM OVER CURRENT	21.12.2018	20:00	20:30	Setting Motor Servo
81	PINTU MACET	30.12.2018	15:00	15:30	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder
82	PINTU MACET	30.12.2018	16:00	16:30	Cek Sensor, Roller, Rel,Cylinder

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Perhitungan Downtime Kerusakan Mesin

Dari data kerusakan mesin diatas dapat diketahui total downtime dari mesin bubut CNC intermato Wn20-T4 dari bulan Januari 2018 sampai dengan Desember 2018, rumus yang digunakan yaitu (waktu selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan). Dengan contoh perhitungan pada tanggal 14 november 2018 yaitu waktu selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan = 19.30 – 17.00 = 2.5 jam, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini.



Tabel 4.2 Hasil Perhitungan *Downtime* Kerusakan Mesin Bubut CNC Intermato Wn20-T4

Mesin Bubut CNC Intermato Wn20-T4				
No	Tanggal	Mulai	Selesai	Total Jumlah Jam Perbaikan (Jam)
1	23.01.2018	03:00	03:30	0,50
2	24.01.2018	16:15	17:15	1,00
3	24.01.2018	00:45	01:15	0,50
4	23.02.2018	11:00	12:30	1,50
5	24.02.2018	09:45	10:45	1,00
6	24.02.2018	16:15	16:45	0,50
7	07.03.2018	18:30	19:30	1,00
8	13.03.2018	02:00	03:00	1,00
9	15.03.2018	05:00	10:00	5,00
10	15.03.2018	00:30	01:00	0,50
11	21.03.2018	00:30	01:30	1,00
12	26.03.2018	20:30	23:00	2,50
13	29.03.2018	09:30	10:00	0,50
14	04.04.2018	09:30	10:30	1,00
15	25.04.2018	14:00	14:00	0,00
16	26.04.2018	13:30	14:00	0,50
17	26.04.2018	05:00	06:00	1,00
18	27.04.2018	18:45	19:15	0,50
19	19.05.2018	00:45	01:45	1,00
20	24.05.2018	08:15	08:45	0,50

21	26.05.2018	13:30	14:00	0,50
22	27.05.2018	17:15	18:45	1,50
23	27.05.2018	22:00	22:45	0,75
24	30.05.2018	22:45	23:15	0,50
25	04.06.2018	06:00	06:45	0,75
26	07.06.2018	05:00	05:45	0,75
27	11.06.2018	12:30	13:30	1,00
28	11.06.2018	09:30	10:00	0,50
29	11.06.2018	12:00	13:00	1,00
30	11.06.2018	16:00	17:00	1,00
31	12.06.2018	21:30	23:30	2,00
32	22.06.2018	04:30	05:30	1,00
33	25.06.2018	12:00	13:00	1,00
34	02.07.2018	08:45	09:15	0,50
35	09.07.2018	01:30	02:00	0,50
36	12.07.2018	06:30	07:00	0,50
37	13.07.2018	08:45	09:15	0,50
38	14.07.2018	21:15	22:15	1,00
39	17.07.2018	00:45	01:15	0,50
40	20.07.2018	09:45	10:15	0,50
41	22.07.2018	06:30	07:00	0,50
42	23.07.2018	04:30	05:30	1,00
43	24.07.2018	10:30	14:30	4,00
44	31.07.2018	16:30	16:30	0,00
45	31.07.2018	17:00	19:00	2,00

46	31.07.2018	02:45	03:15	0,50
47	01.08.2018	15:30	17:00	1,50
48	01.08.2018	22:00	22:45	0,75
49	01.08.2018	01:15	02:15	1,00
50	05.08.2018	08:00	09:00	1,00
51	07.08.2018	13:30	14:30	1,00
52	10.08.2018	03:00	04:00	1,00
53	18.08.2018	06:00	06:30	0,50
54	21.08.2018	16:30	17:30	1,00
55	24.08.2018	01:30	02:00	0,50
56	30.08.2018	09:00	09:30	0,50
57	31.08.2018	21:00	21:30	0,50
58	31.08.2018	06:15	06:45	0,50
59	01.09.2018	06:00	07:00	1,00
60	02.09.2018	09:00	10:00	1,00
61	02.09.2018	19:30	20:00	0,50
62	02.09.2018	01:30	03:30	2,00
63	08.09.2018	22:15	22:45	0,50
64	01.10.2018	13:30	14:00	0,50
65	04.10.2018	10:30	13:30	3,00
66	11.10.2018	15:00	15:30	0,50
67	14.10.2018	16:30	17:30	1,00
68	17.10.2018	00:15	00:45	0,50
69	25.10.2018	16:00	16:45	0,75
70	31.10.2018	07:00	07:30	0,50

71	01.11.2018	10:00	11:00	1,00
72	14.11.2018	17:00	19:30	2,50
73	17.11.2018	00:30	01:00	0,50
74	19.11.2018	14:45	15:15	0,50
75	22.11.2018	15:00	15:30	0,50
76	30.11.2018	12:30	13:30	1,00
77	01.12.2018	20:30	21:00	0,50
78	17.12.2018	04:30	05:30	1,00
79	21.12.2018	20:00	20:30	0,50
80	30.12.2018	15:00	15:30	0,50
81	30.12.2018	16:00	16:30	0,50
Total Downtime				75,75

Dari hasil Perhitungan diatas ditemukan hasil total downtime yaitu 75.75 jam, dan ditemukan waktu perbaikan yg paling lama adalah pada tanggal 15 Maret 2018 yaitu mengalami kemacetan pada konveyor yang memakan waktu perbaikan selama kurang lebih sekitar 5 jam.

4.2.2 Failure Mode and Effect Analyze (FMEA)

Dalam perhitungan ini menggunakan nilai rating yang mana menggambarkan kerusakan-kerusakan yang terjadi pada mesin saat proses produksi. Berikut raitng yang digunakan untuk menghitung total *Risk Proority Number* (RPN) diantaranya *saverity*, *occurance*, dan *detection*.

Tabe 4.3 Kriteria dan Nilai Rangking untuk *Saverity*.

Efek	Kriteria : <i>saverity</i> untuk Failure Mode Effect Analyze (FMEA)	Rangking
Proses produksi berhenti	<ul style="list-style-type: none"> - mesin rusak parah - tidak tersedianya komponen pengganti 	10
Proses produksi berjalan dengan sangat lambat	<ul style="list-style-type: none"> - mesin rusak cukup parah - tidak tersedianya komponen pengganti 	9
proses produksi berjalan lambat	<ul style="list-style-type: none"> - mesin rusak cukup parah - komponen atau sparepart tersedia 	8
Proses produksi berjalan dengan sedikit tersendat	<ul style="list-style-type: none"> - mesin rusak cukup parah - mesin dapat beroperasi secara manual 	7
Proses produksi berjalan cukup lancar	<ul style="list-style-type: none"> - mesin rusak ringan - mesin dapat beroperasi secara manual 	6
Proses produksi berjalan lancar	<ul style="list-style-type: none"> - mesin rusak ringan - rusak pada settingan mesin 	5
Proses produksi berjalan dengan bantuan operator	<ul style="list-style-type: none"> - mesin rusak ringan 	4
Proses produksi sedikit terganggu	<ul style="list-style-type: none"> - mesin rusak ringan - menungu komponen atau sparepart 	3
Proses produksi tetap berjalan	<ul style="list-style-type: none"> - mesin error - salah settingan 	2
Proses produksi tidak terganggu	<ul style="list-style-type: none"> - mesin kotor 	1

Tabel 4.4 Kriteria dan Nilai Ranging untuk Occurance

Probability Pf Failure	Failure Rates	Rangking
Sangat tinggi	Setiap hari rusak	10
Kerusakan hampir tidak dapat dihindari	Setiap 2 hari sekali rusak	9
Tinggi	Setiap 3 hari rusak	8
Kerusakan terulang kali terjadi	Setiap 4 hari rusak	7
Sedang	Setiap 5 hari rusak	6
Kerusakan sesekali terjadi	Setiap 6 hari rusak	5
	Setiap minggu rusak	4
Rendah	Setiap 2 minggu rusak	3
Relatif sedikit kerusakannya	Setiap 3 minggu rusak	2
Rendah	Setiap sebulan rusak	1

Tabel 4.5 kriteria dan Nilai Ranging untuk Detection

Deteksi	Criteria Likelihood Of Detection	Rangking
Sepenuhnya tidak pasti	- alat atau informasi tidak dapat mendeteksi penyebab kerusakan	10
Sangat jarang	- sangat jarang kemungkinannya alat atau informasi mendeteksi penyebab kerusakan - alat untuk mendeteksi kerusakan mengalami keausan dan didalam alat tersebut ada komponen rusak	9
Jarang	- jarang kemungkinan alat atau informasi untuk mendeteksi kerusakan sangat rendah	8
Sangat rendah	- kemampuan alat atau informasi untuk mendeteksi kerusakan sangat rendah	7
Rendah	- alat atau informasi untuk mendeteksi kerusakan rendah	6
Cukup	- alat atau informasi untuk mendeteksi kerusakan cukup untuk mendeteksi penyebab kerusakan	5
Cukup tinggi	- alat atau informasi cukup tinggi kemungkinannya dalam mendeteksi penyebab kerusakan	4

Tinggi	- alat atau informasi tinggi kemungkinannya dalam mendeteksi penyebab kerusakan	3
Sangat tinggi	- alat atau informasi sangat tinggi dapat mendeteksi penyebab kerusakan	2
Hampir pasti	- operator produksi dalam memberikan laporan kerusakan sama dengan apa yang terjadi dilapangan	1

Berdasarkan analisis melalui FMEA maka didapat nilai *Risk Priority Number* (RPN) masing-masing komponen yang didapatkan dari penentuan nilai rating *severity*, *occurance* dan *detection*. Berikut contoh hasil perhitungan nilai RPN yang diambil dari komponen *wire straightener* pada mesin paku A503.

Dimana :

S = *severity* dengan nilai rangking 1-10

O = *occurance* dengan nilai rangking 1-10

D = *detection* dengan nilai rangking 1-10

$RPN = S \times O \times D = 3 \times 1 \times 6 = 18$

Tabel 4.6 *Failure Modes and Effect Analyze* pada Mesin CNC Tipe Intermato WN20-T4.

FMEA Worksheet			SISTEM : OPERASI MESIN CNC WN20-T4						
			SUB SISTEM : MESIN CNC WN20-T4						
Part/proces	function	Potential Failure Mode	Potential Effect Of Failure	Sev (1-10)	Potential Cause Of Failure	Occ (1-10)	Current Controls	Det (1-10)	RPN
Door Component	Komponen pintu	Cylinder Off	Terjadi kebocoran angin	5	Umur pakai telah habis	10	Pengecekan cylinder secara berkala	6	300
		Roller rusak	Roller macet	10	Umur pakai telah habis	10	Pengecekan oring secara berkala	6	600
		Sensor	Sering tidak fungsi	5	Umur pakai telah habis	10	Pengecekan sensor secara rutin	6	300
TOTAL								RPN	1200
Table Component	Komponen meja	Oring aus	Bentuk oring sudah rusak	6	Waktu pakai sudah habis	10	Pengecekan secara rutin	6	360
		Oring Rusak	Bentuk oring sudah rusak	6	Waktu pakai sudah habis	10	Pengecekan secara rutin	6	360
					6	Waktu umur	10	Pengecekan	6

					pakai sudah habis		n secara rutin		
TOTAL								RPN	1080
Conveyor Component	Komponen Conveyor	Penumpukan Sampah gram	conveyor tidak dijalankan	6	Menjalankan conveyor tidak sesuai kebutuhan	1	Pengecekan secara berkala	8	48
		Sensor off	Sensor motor conveyor tidak berfungsi	5	Umur pakai sudah habis	1	Pengecekan secara berkala	10	50
TOTAL								RPN	98
Clamp Componen	Komponen Clamp	Clamp macet	Cekam mengalami hambatan	6	Penggantian kurang tepat	1	Pengecekan secara berkala	6	36
TOTAL								RPN	36
Sensor	sensor	Sensor off	Sensor off	5	Proses produksi berhenti	1	Mengontrol kinerja sensor	6	30
TOTAL								RPN	30

Dapat diketahui dari tabel *Failure Modes and Effect Analyze* (FMEA) bahwa nilai total RPN yang tertinggi terdapat pada tiga komponen yaitu komponen pintu dengan nilai RPN sebesar 1200, komponen meja dengan RPN sebesar 1080, dan komponen conveyor dengan RPN sebesar 98. Dari hasil perhitungan FMEA tersebut selanjutnya akan dilakukan tindakan perawatan menggunakan RCM II.

4.2.3 Reliability Centered Maintenance (RCM) II

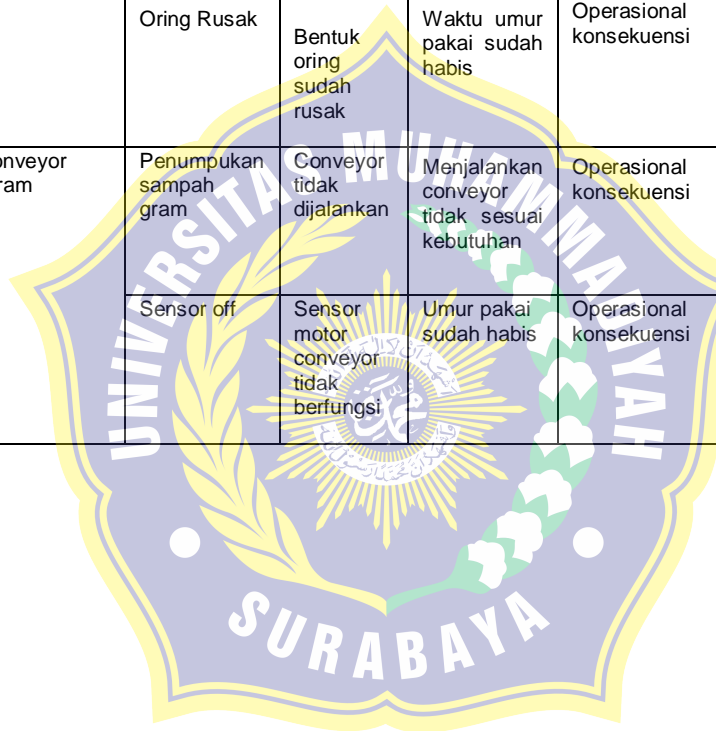
Reliability Centered Maintenance digunakan untuk mencari jenis kegiatan perawatan yang tepat dan memiliki kemungkinan untuk dapat mengatasi setiap *failure mode*.

Kerusakan pada mesin bubut CNC Intermato Wn20-T4 menyebabkan produksi akan terhenti yang akan mempengaruhi target sehingga akan mengakibatkan kerugian terhadap perusahaan. Pada tabel menampilkan RCM II *decision worksheet* pada komponen kritis.

Tabel 4.7 RCM II *Decesion Worksheet*.

RCM Decision Worsheet			SISTEM : OPERASI MESIN CNC TIPE INTERMATO WN20-T4			facilitator		Date:
			SUBSISTEM : MESIN CNC TIPE INTERMATO WN20-T4			Auditor		Year:
No	komponen	Function	Potential Failure Mode	Potential Effect Of Failure	Potential Cause Of Failure	Konsekuuensi kegagalan	Tindakan yang diberikan	Tinddakan perawatan yang dilakukan
1	Komponen Pintu	untuk menutup saat mesin beroperasi	Cylinder Off	Terjadi kebocoran angin	Umur pakai telah habis	Operasional konsekuensi	Dilakukan pemeriksaan dan pendeteksian potensi kegagalan	Penggantian komponen
			Roller rusak	Roller macet	Umur pakai telah habis	Operasional konsekuensi	Dilakukan pemeriksaan dan pendeteksian potensi kegagalan	Penggantian komponen
			Sensor	Sering tidak fungsi	Umur pakai telah habis	Operasional konsekuensi	Dilakukan pemeriksaan dan pendeteksian potensi kegagalan	Penggantian komponen
2	Komponen meja	untuk tempat velg	Oring aus	Bentuk oring sudah	Waktu umur pakai sudah habis	Operasional konsekuensi	Dilakukan pemeriksaan dan	Penggantian komponen

				rusak			pendeteksian potensi kegagalan	
			Oring Rusak	Bentuk oring sudah rusak	Waktu umur pakai sudah habis	Operasional konsekuensi	Dilakukan pemeriksaan dan pendeteksian potensi kegagalan	Penggantian komponen
3	Komponen conveyor Membuang gram	Penumpukan sampah gram	Conveyor tidak dijalankan	Menjalankan conveyor tidak sesuai kebutuhan	Operasional konsekuensi	Dilakukan pemeriksaan dan pendeteksian potensi kegagalan	Melakukan pemulihan	
		Sensor off	Sensor motor conveyor tidak berfungsi	Umur pakai sudah habis	Operasional konsekuensi	Dilakukan pemeriksaan dan pendeteksian potensi kegagalan	Penggantian komponen	



4.2.4 Perhitungan Downtime Kerusakan Komponen

Perhitungan downtime kerusakan komponen sama dengan downtime kerusakan mesin namun disini hanya diambil komponen dari mesin bubu CNC intermato Wn20-T4 karena memiliki nilai downtime kerusakan mesin terbesar.

Dari data kerusakan mesin diatas dapat diketahui total downtime masing – masing komponen dari bulan Januari 2018 sampai dengan Desember 2018, rumus yang digunakan yaitu (waktu selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan). Dengan contoh perhitungan pada tanggal 13 Maret 2018 yaitu waktu selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan = 03:00 – 02:00 = 1 jam, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan *Downtime* Kerusakan Komponen Pintu.

Pintu				
No	Tanggal	Mulai	Selesai	Total Jumlah Jam Perbaikan (Jam)
1	24.02.2018	16:15:00	16:45:00	0,5
2	13.03.2018	02:00:00	03:00:00	1
3	26.04.2018	13:30:00	14:00:00	0,5
4	26.04.2018	05:00:00	06:00:00	1
5	19.05.2018	00:45:00	01:45:00	1
6	24.05.2018	08:15:00	08:45:00	0,5
7	26.05.2018	13:30:00	14:00:00	0,5
8	27.05.2018	17:15:00	18:45:00	1,5
9	27.05.2018	22:00:00	22:45:00	0,75

10	30.05.2018	22:45:00	23:15:00	0,5
11	07.06.2018	05:00:00	05:45:00	0,75
12	11.06.2018	12:30:00	13:30:00	1
13	11.06.2018	09:30:00	10:00:00	0,5
14	11.06.2018	12:00:00	13:00:00	1
15	11.06.2018	16:00:00	17:00:00	1
16	11.06.2018	21:30:00	23:30:00	2
17	22.06.2018	04:30:00	05:30:00	1
18	25.06.2018	12:00:00	13:00:00	1
19	02.07.2018	08:45:00	09:15:00	0,5
20	12.07.2018	06:30:00	07:00:00	0,5
21	13.07.2018	08:45:00	09:15:00	5
22	14.07.2018	21:15:00	22:15:00	1
23	17.07.2018	00:45:00	01:15:00	0,5
24	31.07.2018	16:30:00	16:30:00	0
25	18.08.2018	06:00:00	06:30:00	0,5
26	21.08.2018	16:30:00	17:30:00	1
27	24.08.2018	01:30:00	02:00:00	0,5
28	30.08.2018	09:00:00	09:30:00	0,5
29	31.08.2018	21:00:00	21:30:00	0,5
30	31.08.2018	06:15:00	06:45:00	0,5
31	01.09.2018	06:00:00	07:00:00	1
32	02.09.2018	09:00:00	10:00:00	1
33	02.09.2018	19:30:00	20:00:00	0,5
34	02.09.2018	01:30:00	03:30:00	2

35	08.09.2018	22:15:00	22:45:00	0,5
36	11.10.2018	15:00:00	15:30:00	0,5
37	14.10.2018	16:30:00	17:30:00	1
38	17.10.2018	00:15:00	00:45:00	0,5
39	25.10.2018	16:00:00	16:45:00	0,75
40	17.11.2018	00:30:00	01:00:00	0,5
41	19.11.2018	14:45:00	15:15:00	0,5
42	01.12.2018	20:30:00	21:00:00	0,5
43	30.12.2018	15:00:00	15:30:00	0,5
44	30.12.2018	16:00:00	16:30:00	0,5
Total Downtime				37,25

Selanjutnya menghitung downtime kerusakan komponen Meja dengan menggunakan perhitungan manual, contohnya pada tanggal 24 Januari 2018 yaitu waktu selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan = 17:15 – 16:15 = 1 jam, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan *Downtime* Kerusakan Meja

Meja				
No	Tanggal	Mulai	Selesai	Total Jumlah Jam Perbaikan (Jam)
1	24.01.2018	16:15:00	17:15:00	1
2	24.01.2018	00:45:00	01:15:00	0,5
3	21.03.2018	00:30:00	01:30:00	1
4	20.04.2018	14:00:00	14:00:00	0
5	01.10.2018	13:30:00	14:00:00	0,5

6	14.11.2018	17:00:00	19:30:00	2,5
7	22.11.2018	15:00:00	15:30:00	0,5
8	17.12.2018	04:30:00	05:30:00	1
Total Downtime				7

Selanjutnya menghitung downtime kerusakan komponen Clamp dengan menggunakan perhitungan manual, contohnya pada tanggal 24 Februari 2018 yaitu waktu selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan = 09:45 – 10:45 = 1 jam, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Downtime Kerusakan Clamp

Clamp				
No	Tanggal	Mulai	Selesai	Total Jumlah Jam Perbaikan (Jam)
1	24.02.2018	09:45	10:45	1
2	29.03.2018	09:30	10:00	0,5
3	04.04.2018	09:30	10:30	1
4	07.01.2019	10:30	11:00	0,5
Total Downtime				3

Selanjutnya menghitung downtime kerusakan komponen Sensor JAW dengan menggunakan perhitungan manual, contohnya pada tanggal 23 Januari 2018 yaitu waktu selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan = 03:00 – 03:30 = 0,5 jam, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.11 hasil perhitungan *Downtime* kerusakan Sensor JAW

Sensor JAW				
No	Tanggal	Mulai	Selesai	Total Jumlah Jam Perbaikan (Jam)
1	23.01.2018	03:00	03:30	0,5
2	01.08.2018	22:00	22:45	0,75
3	01.08.2018	01:15	02:15	1
4	05.08.2018	08:00	09:00	1
Total <i>Downtime</i>				3,75

Selanjutnya menghitung *downtime* kerusakan komponen Conveyor dengan menggunakan perhitungan manual, contohnya pada tanggal 15 Maret 2018 yaitu waktu selesai kerusakan – waktu mulai kerusakan = 05:00 – 10:00 = 5jam, hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan *Downtime* Kerusakan Komponen Conveyor

Conveyor				
No	Tanggal	Mulai	Selesai	Total Jumlah Jam Perbaikan (Jam)
1	15.03.2018	05:00	10:00	5
2	04.10.2018	10:30	13:30	3
3	10.12.2018	11:30	13:30	2
Total <i>Downtime</i>				10

Untuk mengetahui penentuan komponen yang banyak mengalami kerusakan dapat diketahui menggunakan perhitungan pada masing – masing komponen dengan persentase downtime kerusakan komponen yang paling tinggi. Adapun penjelasan perhitungan persentase downtime kerusakan komponen adalah sebagai berikut,

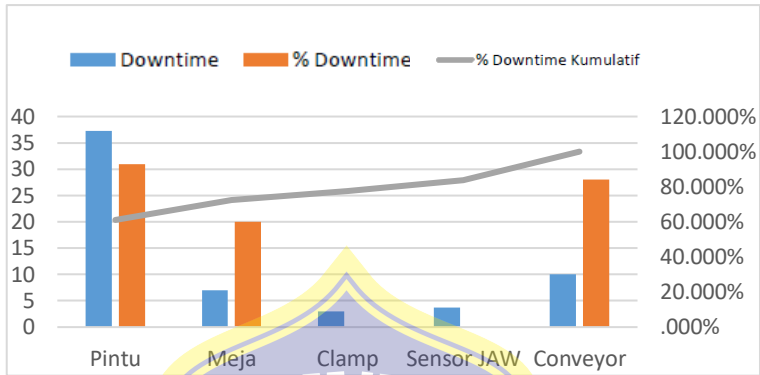
Perhitungan persentase downtime kerusakan untuk komponen pintu adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ Downtime} = \frac{37,25}{61} \times 100\% = 61,1 \%$$

Dari hasil persentase diatas dilihat bahwa komponen pintu, merupakan komponen kritis karena memiliki waktu downtime terbesar diantara komponen lainnya yaitu sebesar 37,25%. Berikut hasil perhitungan persentase downtime kerusakan komponen dapat dilihat pada tabel 4.8

Tabel 4.13 Persentase Downtime Kerusakan Komponen

No	Nama Komponen	Downtime	% Downtime	% Downtime kumulatif
1	Pintu	37,25	31	61,07%
2	Meja	7	20	72,54%
3	Clamp	3	8.5	77,46%
4	Sensor JAW	3,75	8.5	83,61%
5	Conveyor	10	28	100,00%
Jumlah		61,00	100	



Gambar 4.2 Diagram Pareto Downtime Komponen

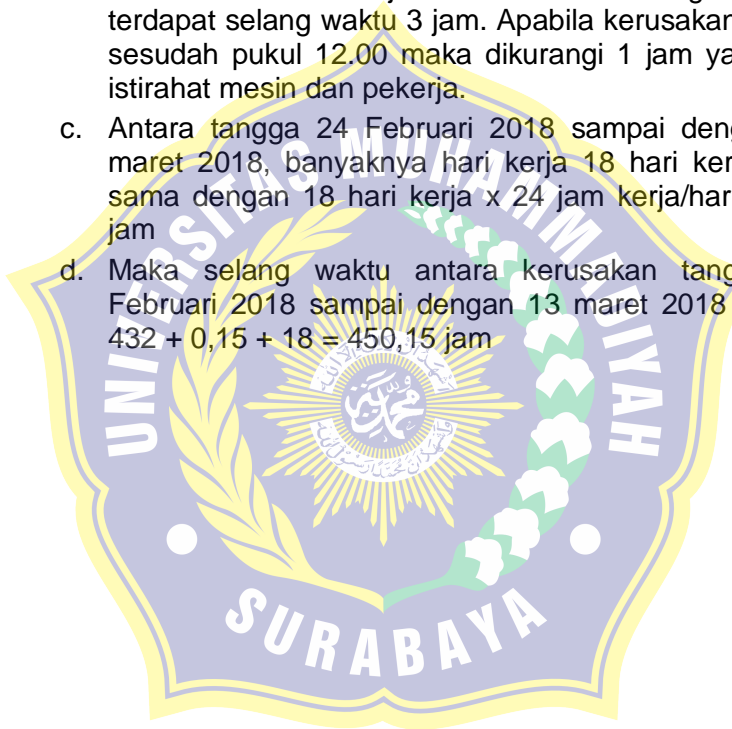
Dari diagram pareto diatas, dapat dilihat bahwa komponen pintu, komponen meja, komponen, conveyor merupakan komponen yang memiliki waktu downtime terbesar.

Berdasarkan data perbaikan mesin CNC tipe intermato WN20-T4 diketahui komponen kritis dari mesin CNC adalah komponen cylinder pada pintu, dikarenakan komponen tersebut harus import ke pabrikan mesin CNC langsung selama 2 bulan. Apabila stok pada perusahaan sudah habis bisa menyebabkan mesin tidak dapat beroperasi dalam waktu yang lama sehingga menghambat proses produksi.

4.2.5 Perhitungan Waktu Kerusakan (TTF) dan Perhitungan Waktu Perbaikan Kerusakan (TTR)

Pada tahap ini waktu perbaikan kerusakan selang waktu dari proses terjadinya kerusakan hingga diperbaiki sampai terjadinya kerusakan kembali. Untuk perhitungan selang waktu kerusakan untuk jadwal kerusakan pintu pada tanggal 24 Februari 2018 sampai dengan 13 Maret 2018 adalah :

- a. Tanggal 24 Februari 2018, interval antara kerusakan akhir pada jam 16.45 sampai dengan jam akhir kerja adalah 17.00 adalah 0,15 jam. Apabila kerusakan akhir terjadi sebelum pukul 12.00 maka dikurang 1 jam yaitu jam istirahat mesin dan pekerja.
- b. Tanggal 13 Maret 2018, terjadi kerusakan pada jam 03.00 maka antara jam 24.00 samai dengan 03.00 terdapat selang waktu 3 jam. Apabila kerusakan terjadi sesudah pukul 12.00 maka dikurangi 1 jam yaitu jam istirahat mesin dan pekerja.
- c. Antara tanggal 24 Februari 2018 sampai dengan 13 maret 2018, banyaknya hari kerja 18 hari kerja atau sama dengan 18 hari kerja x 24 jam kerja/hari = 216 jam
- d. Maka selang waktu antara kerusakan tanggal 24 Februari 2018 sampai dengan 13 maret 2018 adalah $432 + 0,15 + 18 = 450,15$ jam



Tabel 4.14 Hasil Perhitungan TTF dan TTR komponen pintu

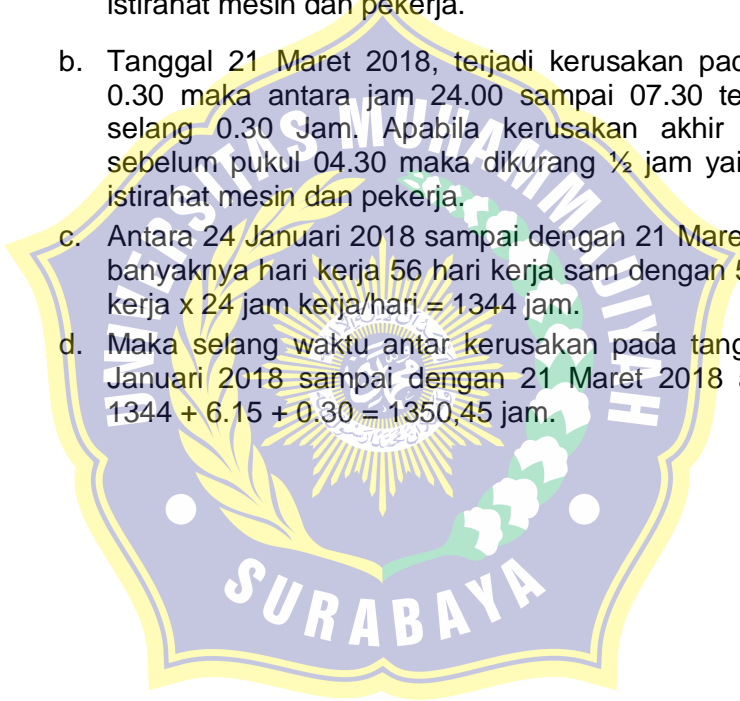
Pintu								
No	Tanggal	Mulai	Selesai	TTR (Jam)	Waktu akhir kerusakan - Waktu akhir Kerja	Waktu awa kerusakan - waktu akhir kerusakan	Hari (jam)	TTF (Jam)
1	24.02.2018	16:15:00	16:45:00	0:30	-	-	-	-
2	13.03.2018	2:00:00	3:00:00	1:00	7	2	133	142
3	26.04.2018	13:30:00	14:00:00	0:30	4	5,3	329	338,3
4	26.04.2018	5:00:00	6:00:00	1:00				0
5	19.05.2018	0:45:00	1:45:00	1:00	1	0,45	184	185,45
6	24.05.2018	8:15:00	8:45:00	0:30	5,15	0,15	40	45,3
7	26.05.2018	13:30:00	14:00:00	0:30	7,15	5,3	16	28,45
8	27.05.2018	17:15:00	18:45:00	1:30	2	1,15	8	11,15
9	27.05.2018	22:00:00	22:45:00	0:45				0
10	30.05.2018	22:45:00	23:15:00	0:30	1,15	6,15	24	31,3
11	07.06.2018	5:00:00	5:45:00	0:45	0,45	5	64	69,45
12	11.06.2018	12:30:00	13:30:00	1:00	1,15	4,3	32	37,45

13	11.06.2018	9:30:00	10:00:00	0:30				0
14	11.06.2018	12:00:00	13:00:00	1:00				0
15	11.06.2018	16:00:00	17:00:00	1:00				0
16	11.06.2018	21:30:00	23:30:00	2:00				0
17	22.06.2018	4:30:00	5:30:00	1:00	7,3	4,3	88	99,6
18	25.06.2018	12:00:00	13:00:00	1:00	1,3	4	24	29,3
19	02.07.2018	8:45:00	9:15:00	0:30	3	0,45	56	59,45
20	12.07.2018	6:30:00	7:00:00	0:30	7,45	6,3	80	93,75
21	13.07.2018	8:45:00	9:15:00	0:30	0	0,45	8	8,45
22	14.07.2018	21:15:00	22:15:00	1:00	745	5,15	8	758,15
23	17.07.2018	0:45:00	1:15:00	0:30	1,45	0,45	24	25,9
24	31.07.2018	16:30:00	16:30:00	0:00	6,45	0,3	112	118,75
25	18.08.2018	6:00:00	6:30:00	0:30	7,3	6	144	157,3
26	21.08.2018	16:30:00	17:30:00	1:00	1,3	0,3	24	25,6
27	24.08.2018	1:30:00	2:00:00	0:30	6,3	1,3	24	31,6
28	30.08.2018	9:00:00	9:30:00	0:30	6	1	48	55
29	31.08.2018	21:00:00	21:30:00	0:30	6,3	5	8	19,3
30	31.08.2018	6:15:00	6:45:00	0:30				0

31	01.09.2018	6:00:00	7:00:00	1:00	1,15	6	8	15,15
32	02.09.2018	9:00:00	10:00:00	1:00	1	1	8	10
33	02.09.2018	19:30:00	20:00:00	0:30				0
34	02.09.2018	1:30:00	3:30:00	2:00				0
35	08.09.2018	22:15:00	22:45:00	0:30	4,3	6,15	48	58,45
36	11.10.2018	15:00:00	15:30:00	0:30	1,15	7	24	32,15
37	14.10.2018	16:30:00	17:30:00	1:00	0,3	0,3	24	24,6
38	17.10.2018	0:15:00	0:45:00	0:30	6,3	0,15	24	30,45
39	25.10.2018	16:00:00	16:45:00	0:45	7,15	8	64	79,15
40	17.11.2018	0:30:00	1:00:00	0:30	7,15	0,3	64	71,45
41	19.11.2018	14:45:00	15:15:00	0:30	7	1,15	16	24,15
42	01.12.2018	20:30:00	21:00:00	0:30	0,45	4,3	96	100,75
43	30.12.2018	15:00:00	15:30:00	0:30	3	7	232	242
44	30.12.2018	16:00:00	16:30:00	0:30				0

Selanjutnya untuk perhitungan selang waktu kerusakan untuk jadwal kerusakan Meja pada tanggal 24 Januari 2018 sampai dengan 21 Maret 2018 ada

- a. Tanggal 24 Januari 2018, interval antara kerusakan akhir pada jam 01.15 sampai dengan jam akhir kerja 07.30 adalah 6.15 jam. Apabila kerusakan akhir terjadi sebelum pukul 04.30 maka dikurangi $\frac{1}{2}$ jam yaitu jam istirahat mesin dan pekerja.
- b. Tanggal 21 Maret 2018, terjadi kerusakan pada jam 0.30 maka antara jam 24.00 sampai 07.30 terdapat selang 0.30 Jam. Apabila kerusakan akhir terjadi sebelum pukul 04.30 maka dikurang $\frac{1}{2}$ jam yaitu jam istirahat mesin dan pekerja.
- c. Antara 24 Januari 2018 sampai dengan 21 Maret 2018 banyaknya hari kerja 56 hari kerja sam dengan 56 hari kerja x 24 jam kerja/hari = 1344 jam.
- d. Maka selang waktu antar kerusakan pada tanggal 24 Januari 2018 sampai dengan 21 Maret 2018 adalah $1344 + 6.15 + 0.30 = 1350,45$ jam.

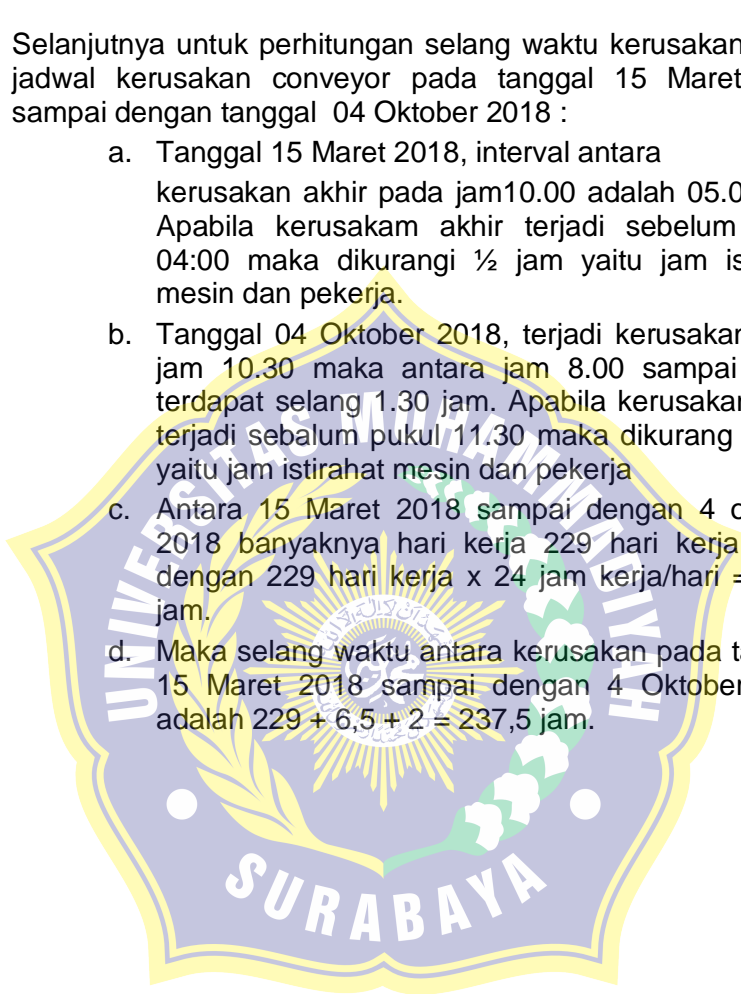


Tabel 4.15 Hasil Perhitungan TTF dan TTR komponen Meja

Meja								
No	Tanggal	Mulai	Selesai	TTR (jam)	Waktu akhir kerusakan - Waktu akhir Kerja	Waktu awal kerusakan - waktu akhir kerusakan	Hari (jam)	TTF (Jam)
1	24.01.2018	16:15:00	17:15:00	1:00	-	-	-	-
2	24.01.2018	0:45:00	1:15:00	0:30	-	-	-	-
3	21.03.2018	0:30:00	1:30:00	1:00	6,15	0,3	72	78,45
4	20.04.2018	14:00:00	14:00:00	0:00	6	6	24	36
5	01.10.2018	13:30:00	14:00:00	0:30	2	5,3	3936	3943,3
6	14.11.2018	17:00:00	19:30:00	2:30	2	1	1056	1059
7	22.11.2018	15:00:00	15:30:00	0:30	4,3	7	192	203,3
8	17.12.2018	4:30:00	5:30:00	1:00	2	4,3	600	606,3

Selanjutnya untuk perhitungan selang waktu kerusakan untuk jadwal kerusakan conveyor pada tanggal 15 Maret 2018 sampai dengan tanggal 04 Oktober 2018 :

- a. Tanggal 15 Maret 2018, interval antara kerusakan akhir pada jam 10.00 adalah 05.00 jam. Apabila kerusakan akhir terjadi sebelum pukul 04:00 maka dikurangi $\frac{1}{2}$ jam yaitu jam istirahat mesin dan pekerja.
- b. Tanggal 04 Oktober 2018, terjadi kerusakan pada jam 10.30 maka antara jam 8.00 sampai 15.30 terdapat selang 1.30 jam. Apabila kerusakan akhir terjadi sebelum pukul 11.30 maka dikurangi $\frac{1}{2}$ jam yaitu jam istirahat mesin dan pekerja
- c. Antara 15 Maret 2018 sampai dengan 4 oktober 2018 banyaknya hari kerja 229 hari kerja sama dengan $229 \text{ hari kerja} \times 24 \text{ jam kerja/hari} = 5496 \text{ jam}$.
- d. Maka selang waktu antara kerusakan pada tanggal 15 Maret 2018 sampai dengan 4 Oktober 2018 adalah $229 + 6,5 + 2 = 237,5 \text{ jam}$.



Tabel 4.16 Hasil Perhitungan TTF dan TTR Conveyor

Conveyor								
No	Tanggal	Mulai	Selesai	TTR (jam)	Waktu akhir kerusakan – waktu akhir kerja	Wktu awal kerusakan - waktu akhir kerusakan	Hari (jam)	TTF (jam)
1	15.03.2018	05:00	10:00	05:00	-	-	-	-
2	04.10.2018	10:30	13:30	03:00	6,5	2	1605	1613,5
3	10.12.2018	11:30	13:30	02:00	5	3,5	469	477,5

4.2.6 Identifikasi Distribusi Untuk Selang Waktu Kerusakan (Time to Failure)

Untuk dapat menentukan distribusi yang sesuai untuk data waktu kerusakan, maka dilakukan perhitungan *index of fit* dari tiap distribusi tersebut. Dan pilihan distribusi didasarkan pada nilai *index of fit* yang terbesar dari masing – masing komponen. Pengidentifikasi distribusi ini meliputi distribusi Eksponensial, distribusi Lognormal, dan distribusi Weibull.

4.2.6.1 Least Square Curve Fitting untuk time to failure (TTF)

Langkah – langkah perhitungan *least square curve fitting* untuk tiap – tiap distribusi adalah sebagai berikut :

1. Distribusi Eksponensial

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* pintu pada distribusi eksponensial dengan menggunakan perhitungan manual, contoh perhitungan dapat dijelaskan dibawah ini.

$$x_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{33+0,4} = 0,02$$

$$y_i = \ln \left[\frac{1}{1-F(t_i)} \right] = -0,02$$

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$= \frac{33(-6509,95) - (2978)(-32,04)}{[33.914859,65 - (8868186,203)][33.57,86 - (1026,62)]}$$

$$= \frac{-119413}{137190,8} = -0,88$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui hasil *index of fit* (r) untuk komponen pintu sebesar $-0,88$ pada distribusi eksponensial, hasil selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.12

Tabel 4.17 Least Square Curve Fitting komponen pintu untuk Distribusi Eksponential

i	t_i (jam)	$x_i=t_i$	$F(t_i)$	y_i	x_i*y_i	x_i^2	y_i^2
1	8,45	8,45	0,02	-0,02	-0,18	71,40	0,00
2	10	10	0,05	-0,05	-0,52	100,00	0,00
3	11,5	11,5	0,08	-0,08	-0,97	132,25	0,01
4	15,15	15,15	0,11	-0,12	-1,78	229,52	0,01
5	19,3	19,3	0,14	-0,15	-2,93	372,49	0,02
6	24,15	24,15	0,17	-0,19	-4,52	583,22	0,04
7	24,6	24,6	0,20	-0,22	-5,51	605,16	0,05
8	25,6	25,6	0,23	-0,26	-6,71	655,36	0,07
9	25,9	25,9	0,26	-0,30	-7,82	670,81	0,09
10	28,45	28,45	0,29	-0,34	-9,76	809,40	0,12
11	29,3	29,3	0,32	-0,39	-11,32	858,49	0,15
12	30,45	30,45	0,35	-0,43	-13,13	927,20	0,19
13	31,3	31,3	0,38	-0,48	-14,97	979,69	0,23
14	31,6	31,6	0,41	-0,53	-16,68	998,56	0,28
15	32,15	32,15	0,44	-0,58	-18,65	1033,62	0,34
16	37,45	37,45	0,47	-0,63	-23,78	1402,50	0,40
17	45,3	45,3	0,50	-0,69	-31,40	2052,09	0,48
18	58,45	58,45	0,53	-0,75	-44,12	3416,40	0,57
19	59,45	59,45	0,56	-0,82	-48,79	3534,30	0,67
20	69,45	69,45	0,59	-0,89	-61,89	4823,30	0,79
21	71,45	71,45	0,62	-0,97	-69,09	5105,10	0,93
22	72,3	72,3	0,65	-1,05	-75,84	5227,29	1,10
23	79,15	79,15	0,68	-1,14	-90,10	6264,72	1,30
24	93,75	93,75	0,71	-1,24	-115,92	8789,06	1,53
25	98	98	0,74	-1,35	-131,83	9604,00	1,81
26	99,6	99,6	0,77	-1,47	-146,15	9920,16	2,15

27	100,75	100,75	0,80	-1,61	-161,85	10150,56	2,58
28	118,75	118,75	0,83	-1,77	-209,96	14101,56	3,13
29	145	145	0,86	-1,96	-284,34	21025,00	3,85
30	157,3	157,3	0,89	-2,20	-346,10	24743,29	4,84
31	185,45	185,45	0,92	-2,52	-466,46	34391,70	6,33
32	353,3	353,3	0,95	-2,98	-1052,10	124820,89	8,87
33	785,15	785,15	0,98	-3,87	-3034,79	616460,52	14,94
Total	2978	2978	16,5	-32,04	-6509,95	914859,65	57,86
<i>Index of fit</i>						0,88	

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen meja pada distribusi exponential dengan menggunakan perhitungan manual, contoh perhitungan dapat dijelaskan dibawah ini.

$$x_i = t_i$$

$$F(T_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{6+0.4} = 0.11$$

$$Y_i = \ln \left[\frac{1}{1-F(t_i)} \right] = -0.12$$

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$= \frac{6(-10793,36) - (5926,35)(-3,16)}{[6.170874776,87 - (35121624,32)][6.-9,99(-9,99)]}$$

$$= \frac{-46032,9}{222388,96} = -0,21$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui hasil *index of fit* (r) untuk komponen Meja sebesar -0,21 pada distribusi eksponential, hasil selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.13

Tabel 4.18 *Least Square Curve Fitting* Komponen Meja Untuk Distribusi Eksponential

i	ti(jam)	xi=ti	F(ti)	yi	xi*yi	xi^2	yi^2
1	36	36	0,11	-0,12	-4,17	1296,00	0,01
2	78,45	78,45	0,27	-0,31	-24,22	6154,40	0,10
3	203,3	203,3	0,42	-0,55	-111,40	41330,89	0,30
4	606,3	606,3	0,58	-0,86	-523,26	367599,69	0,74
5	1059	1059	0,73	-1,33	-1403,88	1121481,00	1,76
6	3943,3	3943,3	0,89	-2,21	-8726,42	15549614,89	4,90
Total	5926,35	5926,35	3,00	-3,16	-10793,36	17087476,87	9,99
<i>Index of fit</i>				-0,21			

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen conveyor pada distribusi exponential dengan menggunakan perhitungan manual, contoh perhitungan dapat dijelaskan dibawah ini.

$$xi = ti$$

$$F(Ti) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{1+0.4} = 0.29$$

$$Yi = \ln \left[\frac{1}{1-F(ti)} \right] = -0.34$$

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n xiyi - (\sum_{i=1}^n xi)(\sum_{i=1}^n yi)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n xi^2 - (\sum_{i=1}^n xi)^2][n \sum_{i=1}^n yi^2 - (\sum_{i=1}^n yi)^2]}}$$

$$= \frac{2.2152,73 - (2091)(-1,58)}{[2.2831388,50 - (4372281)][2.2,49 - (-2,49)]}$$

$$= \frac{7609,24}{-1742,58} = -4,37$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui hasil *index of fit* (r) untuk komponen conveyor sebesar -4,37 pada distribusi eksponential, hasil selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.14

Tabel 4.19 *Least Square Curve Fitting* Komponen Conveyor Untuk Distribusi Eksponensial

i	ti(jam)	xi=ti	F(ti)	yi	xi*yi	xi^2	yi^2
1	477,5	477,5	0,29	-0,34	-164,66	228006,25	0,12
2	1613,5	1613,5	0,71	-1,23	-1988,06	2603382,25	1,52
Total	2091	2091	1,00	-1,58	-2152,73	2831388,50	2,49
<i>Index of fit</i>						-4,37	

2. Distribusi Lognormal

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen pintu pada distribusi lognormal dengan menggunakan perhitungan manual, contoh perhitungan dapat dijelaskan dibawah ini.

$$X_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{33+0.4} = 0.02$$

$$Y_i = Z_i = \phi^{-1}[f(t_i)] = -0,02$$

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$= \frac{33(-154,09) - (129,61)(-32,04)}{[33.541,53 - (16798,43)][33.57,86 - (-1026,56)]}$$

$$= \frac{7609,24}{-1742,58} = -4,37$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui hasil *index of fit* (r) untuk komponen pintu sebesar -4,37 pada distribusi lognormal, hasil selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.15

Tabel 4.20 *least Square Curve Fitting* komponen pintu untuk distribusi lognormal

i	ti(jam)	xi=Inti	F(ti)	yi	xi*yi	xi^2	yi^2
1	8,45	2,13	0,02	-0,02	-0,05	4,55	0,00
2	10	2,30	0,05	-0,05	-0,12	5,30	0,00
3	11,5	2,44	0,08	-0,08	-0,21	5,97	0,01
4	15,15	2,72	0,11	-0,12	-0,32	7,39	0,01
5	19,3	2,96	0,14	-0,15	-0,45	8,76	0,02
6	24,15	3,18	0,17	-0,19	-0,60	10,14	0,04
7	24,6	3,20	0,20	-0,22	-0,72	10,26	0,05
8	25,6	3,24	0,23	-0,26	-0,85	10,51	0,07
9	25,9	3,25	0,26	-0,30	-0,98	10,59	0,09
10	28,45	3,35	0,29	-0,34	-1,15	11,21	0,12
11	29,3	3,38	0,32	-0,39	-1,30	11,41	0,15
12	30,45	3,42	0,35	-0,43	-1,47	11,67	0,19
13	31,3	3,44	0,38	-0,48	-1,65	11,86	0,23
14	31,6	3,45	0,41	-0,53	-1,82	11,92	0,28
15	32,15	3,47	0,44	-0,58	-2,01	12,04	0,34
16	37,45	3,62	0,47	-0,63	-2,30	13,13	0,40
17	45,3	3,81	0,50	-0,69	-2,64	14,54	0,48
18	58,45	4,07	0,53	-0,75	-3,07	16,55	0,57
19	59,45	4,09	0,56	-0,82	-3,35	16,69	0,67
20	69,45	4,24	0,59	-0,89	-3,78	17,98	0,79
21	71,45	4,27	0,62	-0,97	-4,13	18,22	0,93
22	72,3	4,28	0,65	-1,05	-4,49	18,33	1,10

23	79,15	4,37	0,68	-1,14	-4,98	19,11	1,30
24	93,75	4,54	0,71	-1,24	-5,61	20,62	1,53
25	98	4,58	0,74	-1,35	-6,17	21,02	1,81
26	99,6	4,60	0,77	-1,47	-6,75	21,17	2,15
27	100,75	4,61	0,80	-1,61	-7,41	21,28	2,58
28	118,75	4,78	0,83	-1,77	-8,45	22,82	3,13
29	145	4,98	0,86	-1,96	-9,76	24,77	3,85
30	157,3	5,06	0,89	-2,20	-11,13	25,58	4,84
31	185,45	5,22	0,92	-2,52	-13,14	27,28	6,33
32	353,3	5,87	0,95	-2,98	-17,47	34,43	8,87
33	785,15	6,67	0,98	-3,87	-25,77	44,43	14,94
Total	2977,95	129,61	16,50	-32,04	-154,09	541,53	57,86
<i>Index of fit</i>				-4,37			



Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen Meja pada distribusi lognormal dengan menggunakan perhitungan manual, contoh perhitungan dapat dijelaskan dibawah ini.

$$X_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{6+0.4} = 0,11$$

$$Y_i = Z_i = \phi^{-1}[f(t_i)] = -0,12$$

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$= \frac{6(-37,76) - (34,91)(-3,16)}{[6,218,24 - (1218,91)][6,9,99 - (-9,99)]}$$

$$= \frac{-117,83}{-29,06} = 4,06$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui hasil *index of fit* (r) untuk komponen pintu sebesar 4,06 pada distribusi lognormal, hasil selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.16

Tabel 4.21 *Least Square Curve Fitting* Komponen Meja untuk 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	36	3,58	0,11	-0,12	-0,42	12,84	0,01
2	78,45	4,36	0,27	-0,31	-1,35	19,03	0,10
3	203,3	5,31	0,42	-0,55	-2,91	28,25	0,30
4	606,3	6,41	0,58	-0,86	-5,53	41,05	0,74
5	1059	6,97	0,73	-1,33	-9,23	48,51	1,76
6	3943,3	8,28	0,89	-2,21	-18,32	68,55	4,90
Total	5926,35	34,91	3,00	-3,16	-37,76	218,24	9,99
<i>Index of fit</i>					4,06		

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen Conveyor pada distribusi lognormal dengan menggunakan perhitungan manual, contoh perhitungan dapat dijelaskan dibawah ini.

$$X_i = \ln t_i$$

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

$$Y_i = Z_i = \phi^{-1}[f(t_i)] = -0,34$$

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$= \frac{2(-3,54) - (13,55)(0,42)}{[2,183,73 - (183,61)][2,0,18 - (0,18)]}$$

$$= \frac{-1,39}{9,97} = -0,14$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui hasil *index of fit* (r) untuk komponen pintu sebesar -0,14 pada distribusi lognormal, hasil selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.17

Tabel 4.22 *Least Square Curve Fitting* Komponen Coveyor untuk 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	477,5	6,17	0,29	-0,34	-2,13	38,05	0,12
2	1613,5	7,39	0,71	0,77	5,67	54,56	0,59
Total	2091	13,55	1,00	0,42	3,54	183,73	0,18
<i>Index of fit</i>					-0,14		

3. Distribusi Weibull

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen pintu pada distribusi *weibull* dengan menggunakan perhitungan manual, contoh perhitungan dapat dijelaskan dibawah ini.

$$X_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i-0.3}{n+0.4} = \frac{1-0.3}{33+0.4} = 0,02$$

$$Y_i = \ln \left[-\ln \left[\frac{1}{1-f(t_i)} \right] \right] = 0,74$$

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$= \frac{33(27,31) - (129,61)(-12,04)}{[33.541,53 - (16798,43)][33.19,61 - (145,05)]}$$

$$= \frac{2461,74}{733,87} = 3,36$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui hasil *index of fit* (r) untuk komponen pintu sebesar 3,36 pada distribusi *weibull*, hasil selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.18

Tabel 4.23 *Least Square Curve Fitting* Komponen Pintu Untuk Distribusi *Weibull*.

i	ti(jam)	xi=ln ti	F(ti)	yi	xi*yi	xi^2	yi^2
1	8,45	2,13	0,02	0,74	1,57	4,55	0,54
2	10	2,30	0,05	0,78	1,80	5,30	0,61
3	11,5	2,44	0,08	0,81	1,98	5,97	0,65
4	15,15	2,72	0,11	0,88	2,40	7,39	0,78
5	19,3	2,96	0,14	0,93	2,76	8,76	0,87
6	24,15	3,18	0,17	0,97	3,09	10,14	0,94
7	24,6	3,20	0,20	0,94	3,01	10,26	0,88
8	25,6	3,24	0,23	0,91	2,96	10,51	0,84
9	25,9	3,25	0,26	0,88	2,86	10,59	0,77
10	28,45	3,35	0,29	0,87	2,90	11,21	0,75
11	29,3	3,38	0,32	0,83	2,81	11,41	0,69
12	30,45	3,42	0,35	0,80	2,72	11,67	0,64
13	31,3	3,44	0,38	0,76	2,61	11,86	0,57
14	31,6	3,45	0,41	0,71	2,46	11,92	0,51
15	32,15	3,47	0,44	0,66	2,31	12,04	0,44
16	37,45	3,62	0,47	0,65	2,36	13,13	0,43
17	45,3	3,81	0,50	0,65	2,46	14,54	0,42
18	58,45	4,07	0,53	0,65	2,64	16,55	0,42
19	59,45	4,09	0,56	0,59	2,40	16,69	0,34
20	69,45	4,24	0,59	0,55	2,35	17,98	0,31
21	71,45	4,27	0,62	0,48	2,07	18,22	0,23
22	72,3	4,28	0,65	0,41	1,73	18,33	0,16
23	79,15	4,37	0,68	0,34	1,47	19,11	0,11
24	93,75	4,54	0,71	0,28	1,26	20,62	0,08
25	98	4,58	0,74	0,18	0,81	21,02	0,03
26	99,6	4,60	0,77	0,06	0,27	21,17	0,00
27	100,75	4,61	0,80	-0,08	-0,36	21,28	0,01
28	118,75	4,78	0,83	-0,20	-0,98	22,82	0,04

29	145	4,98	0,86	-0,36	-1,77	24,77	0,13
30	157,3	5,06	0,89	-0,58	-2,93	25,58	0,34
31	185,45	5,22	0,92	-0,86	-4,50	27,28	0,74
32	353,3	5,87	0,95	-1,21	-7,09	34,43	1,46
33	785,15	6,67	0,98	-1,97	-13,12	44,43	3,87
Total	2977,95	129,61	16,50	12,04	27,31	541,53	19,61
<i>Index of fit</i>						3,36	

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen pintu pada distribusi *weibull* dengan menggunakan perhitungan manual, contoh perhitungan dapat dijelaskan dibawah ini.

$$x_i = \ln t_i$$

$$f(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{6+0,4} = -0,11$$

$$y_i = \ln \left[-\ln \left[\frac{1}{1-f(t_i)} \right] \right] = 1,16$$

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$= \frac{6.25,04 - (34,91)(4,96)}{[6.218,24 - (1218,91)][6.-24,58 - (-24,58)]}$$

$$= \frac{-22,92}{-11126,14} = 0,003$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui hasil *index of fit* (r) untuk komponen meja sebesar 0,003 pada distribusi *weibull*, hasil selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.19

Tabel 4.24 *Least Square Curve Fitting* Komponen Meja Untuk Distribusi *Weibull*.

i	ti(jam)	xi=ln ti	F(ti)	yi	xi*yi	xi^2	yi^2
1	36	3,58	0,11	1,16	4,16	12,84	1,35
2	78,45	4,36	0,27	1,16	5,08	19,03	1,36
3	203,3	5,31	0,42	1,12	5,97	28,25	1,26
4	606,3	6,41	0,58	0,99	6,37	41,05	0,99
5	1059	6,97	0,73	0,62	4,29	48,51	0,38
6	3943,3	8,28	0,89	-0,10	-0,82	68,55	0,01
Total	5926,35	34,91	3,00	4,96	25,04	218,24	24,58
<i>Index of fit</i>					0,003		

Selanjutnya yaitu menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen conveyor pada distribusi *weibull* dengan menggunakan perhitungan manual, contoh perhitungan dapat dijelaskan dibawah ini.

$$X_i = \ln t_i$$

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} = \frac{1-0,3}{1+0,4} = 0,29$$

$$Y_i = \ln \left[-\ln \left[\frac{1}{1-f(t_i)} \right] \right] = 1,47$$

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

$$= \frac{2 \cdot -18,75 - (13,55)(2,78)}{[2 \cdot 183,73 - (183,73)][2 \cdot -7,73 - (-7,73)]}$$

$$= \frac{-421,67}{-531,63} = 0,78$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui hasil *index of fit* (r) untuk komponen conveyor sebesar 0,78 pada distribusi *weibull*, hasil selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.20

Tabel 4.25 *Least Square Curve Fitting* Komponen Conveyor Untuk Distribusi Weibull.

i	ti(jam)	xi=Inti	F(ti)	yi	xi*yi	xi^2	yi^2
1	477,5	6,17	0,29	1,47	9,10	38,05	2,17
2	1613,5	7,39	0,71	1,31	9,65	54,56	1,71
Total	2091	13,55	1,00	2,78	18,75	183,73	7,73
<i>Index of fit</i>					0,78		

Hasil perhitungan dari *least square curve fitting* untuk masing-masing distribusi pada ketiga komponen dengan *index of fit* yaitu diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 4.26 Hasil Perhitungan *Index Of Fit* untuk TTF

Nama komponen	Index of fit		
	Distribusi Eksponential	Distribusi Lognormal	Distribusi Weibull
Pintu	0,088	-4,37	3,36
Meja	-0,21	4,06	0,003
Conveyor	-4,37	-0,14	0,78

Dengan melihat tabel diatas, maka dapat diketahui nilai *index of fit* terbesar yaitu untuk komponen pintu dengan Distribusi weibull sebesar 3,36, komponen pintu dengan distribusi lognormal sebesar -4,37

4.2.7 Perhitungan Interval Perawatan Optimal dan Penurunan Biaya Perawatan

Langkah yang diambil setelah dilakukan uji distribusi terhadap waktu antar kerusakan (T_f) dan waktu perbaikan (T_r) adalah menentukan

interval perawatan (TM) berdasarkan minimasi biaya.

1. Biaya Tenaga Kerja (CW)
2. Biaya Perawatan (CM)
3. Biaya Konsekwensi Operasional (CO)
4. Biaya Perbaikan (CR)

Biaya yang berhubungan dengan perawatan

Dimana :

$CV = \text{Biaya Tenaga Kerja } (CW) + \text{Biaya Konsekwensi Operasional } (CO)$

Sehingga besar Biaya Perbaikan (CR) dapat dihitung sebagai berikut :

$CR = \text{Biaya Penggantian Komponen } (CF) + (CV \times MTTR)$

$CR = \text{Biaya Penggantian Komponen } (CF) + [(CW + CO) \times MTTR]$

4.2.8 Perhitungan interval perawatan (TM) dan biaya perawatan komponen (TC)

Setelah dilakukan pengujian distribusi perhitungan biaya (tenaga kerja, perawatan, konsekwensi operasional, perbaikan), maka akan dilanjutkan ke langkah berikutnya yaitu menghitung MTTF (waktu rata-rata antar kerusakan), MTTR (waktu rata-rata antar perbaikan), TM (interval perawatan optimal) dan TC (biaya perbaikan dan perawatan berdasarkan interval perawatan optimal).

Perhitungan Interval perawatan (TM) dan Penurunan Biaya Perawatan dapat dilihat pada tabel. 4.22

Tabel 4.27 Perhitungan Interval perawatan Optimal Mesin CNC Tipe Intermato Wn20-T4

No.	Sub sistem	Komponen	TF	TR	A	CF (Rp)	CV (Rp)	CR (Rp)	CM (Rp)	TM (Jam)
1	Mesin CNC Type Intermato WN20-T4	Komponen Pintu	3,229	26,6	0,108	131,00	21,000,00	553,731,000	772,000	2,76
		Komponen Meja	5436	6,2	0,988	3,767,00	21,000,000	133,967,000	772,000	0,0173
		Komponen Conveyor	2091	12,3	0,994	700,00	21,000,000	263,200,000	772,000	0,0586

Tabel 4.28 Penurunan Biaya Perawatan Mesin CNC Tipe Inter Mato WN20-T4

No.	Sub Sistem	Komponen	TM (jam)	t (jam)	TC _{TO} (Rp/jam)	TC _{TM} (Rp/Jam)	TC _{to} -TC _{TM} (Rp/Jam)	Penurunan Biaya (%)
1.	Mesin CNC Wn20-T4	Komponen Pintu	2,76	1	67,614,44	47,853	20,000	2,74%
		Komponen Meja	0,0173	1	13,967,0	8,453	5000	0,7%
		Komponen Conveyor	0,0586	1	33,165	27,672,11	6000	0,8%