

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Latar Belakang Perusahaan

4.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan

salah satu perusahaan swasta yang bergerak pada bidang *garment manufacture* PT Globalindo Intimates yang bergerak memproduksi *underwear*. PT Globalindo Intimates didirikan pada tahun 2008 untuk memenuhi kebutuhan *export brand underwear* diberbagai negara seperti brand Hanesbrand Inc dan H&M yang diekspor ke USA, Canada, Germany dan berbagai negara di Asia.

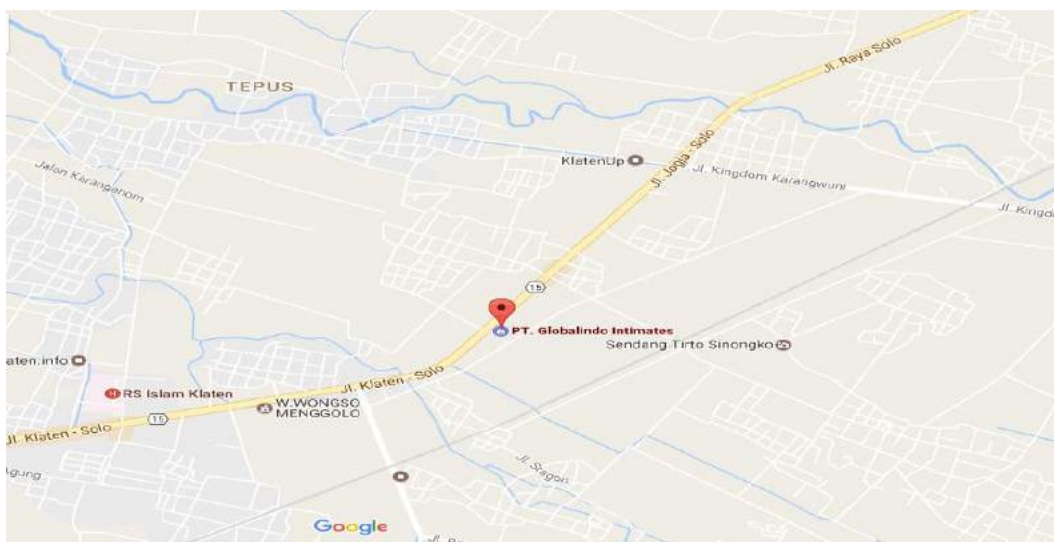
PT Globalindo Intimates didirikan oleh Teti Yani Hartono yang mempunyai visi “Lakukan dengan benar sejak dari awal” yang menginginkan PT Globalindo Intimates menjadi menjalan seluruh kegiatan proses dilakukan benar dari awal agar *output* yang dihasilkan dapat memiliki kualitas yang baik. Mempunyai 1300 pekerja untuk semua operator. PT. Globalindo Intimatates terbagi menjadi 2 gedung yaitu GI 1 untuk memproduksi *Ladies Underware* (bra) dan GI 2 memproduksi *Men’s underwaer, short, pyjama, ladies blouse*. Kegiatan utama perusahaan adalah untuk produksi *Ladies Underware, Men’s underwaer, short, pyjama, ladies blouse*. Dan produksi produk berkualitas tinggi untuk semua barang yang di ekspor. Proses produksi di PT. Globalindo Untimates terdiri dari *Fabrics Inspection, cutting, molding, molding, finishing, folding* dan *packing*. Dan telah mendapat *Gold Certificate Of Compliance* dari WRAP (*Worldwide Responsible Accredited Production*) dari tahun 2012, BSCI dan Others (e.g. ISO9000).

Pembayaran di PT Globalindo Intimates dilakukan dengan hitungan USD dan kapasitas produksi setiap bulan sebanyak 350.000pcs/bulan. Beberapa *clients* yang bekerja sama dengan PT. Globalindo Intimates.

Tabel 4.1 *Business Connections With Main Clients*

Client Name	Country Range	Since (Date)	Turnover Share (%)
HBI	CND, INDIA, PHIL, USA	2008	40 %
H&M	ASIA, USA, EU	2008	40 %
SPEIDEL	GERMANY	2010	5 %
CANADELLE	CANADA, USA	2010	5 %
BONPRIX	GERMANY	2014	5 %
OTHERS			5 %

4.1.2 Lokasi Perusahaan



Gambar 4.1 Lokasi PT. Globalindo Intimates

PT. Globalindo Intimates berlokasi di Jl. Raya Solo – Jogja, Ngaran, Mlese, Ceper, Klaten, Jawa Tengah. Terdiri dari mesin-mesin produksi, ruang bahan baku dan gudang, sebelum barang jadi dimasukkan ke gudang yang lebih besar di lantai 1. Mesin - mesin di lantai produksi diatur sedemikian rupa sehingga mempermudah pekerjaan, menghemat waktu dan tenaga. Ruang - ruang lain yang

terletak di lantai 1 adalah ruang loker, ruang antara yang berguna untuk menjaga kesterilan sebelum bekerja memasuki pabrik, juga kantor supervisor, untuk mempermudah supervisor mengawasi jalannya produksi secara langsung. Lantai 2 digunakan sebagai ruangan kantor dan produksi. Lantai satu dan lantai dua dihubungkan dengan tangga. Kantor Pusat dari PT. Globalindo Intimates terletak dipaling depan pintu masuk. Hal tersebut disebabkan untuk memudahkan bagian pemasaran untuk memasarkan produk *Underwear Industries* dengan mudah.

Pemilihan lokasi pabrik PT. Globalindo Intimates didasarkan pertimbangan - pertimbangan berikut :

- a. Berada dikawasan kota industri yang sangat strategis untuk mengangkut barang untuk distribusinya. sehingga memudahkan dalam mendapatkan tenaga kerja sesuai dengan kriteria yang dibutuhkan, dan telah tersedianya sarana transportasi dan komunikasi yang memadai.
- b. Disesuaikan dengan kebijakan pemerintah dalam hubungannya dengan usaha peningkatan dan pemerataan pembangunan.
- c. Berada dekat dari pemukiman penduduk sehingga PT. Globalindo Intimates dapat memberikan mata pencaharian baru bagi para penduduk.



Gambar 4.2 Gedung PT. Globalindo Intimates

4.1.3 Visi & Misi Perusahaan

4.1.3.1 Visi Perusahaan

Menjadi Perusahaan global dalam industri garment yang selalu melakukan perbaikan secara terus menerus dalam aspek kualitas, kemananan dan keselamatan kerja serta legalitas dengan berorientasi pada hubungan jangka panjang yang saling menguntungkan untuk internal dan external.

4.1.3.2 Misi Perusahaan

Melalui peningkatan produktifitas, pengembangan kompetensi karyawan, perbaikan dan peremajaan mesin serta pengelolaan dan penerapan sistem management yang terkendali, terukur dan terarah untuk memenuhi keinginan konsumen

4.1.3.3 Hasil Produksi

Produk utama yang paling banyak diproduksi oleh PT. Globalindo Intimates adalah *Bra* dan *Panties* untuk brand luar negeri seperti Hanesbrands, H&M dll. Hasil produksi dari perusahaan keseluruhan nantinya akan di *export* ke luar negeri.

1. Bra (Ladies Underwear)



Gambar 4.3 Produk Bra

Fitur bra mulus, berjajar, cangkir underwire dengan panel sisi dukungan untuk mendukung payudara wanita penuh angka dan tali bahu empuk untuk kenyamanan. Berkomitmen untuk memenuhi dan kenyamanan. Bra yang dibuat

sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan oleh *buyer* lalu setelah produk jadi selalu ada inspeksi pada setiap proses untuk mempertahankan kualitas dari Bra.

2. Panties

Pakaian dalam yang dirancang untuk wanita dan gadis. Pakaian dalam wanita digunakan untuk menutupi di daerah selangkangan di bawah pinggang. Memproduksi dengan mempertahankan kualitas pabrik dan tidak mengecewakan *buyer*.

3. Produk lainnya



Gambar 4.4 Produk Dress & Top

Produk lainnya akan diproduksi jika orderan yang masuk tidak terlalu banyak. Pemasaran produk ini hanya dilakukan didalam negeri tujuannya untuk menutupi biaya yang kurang untuk kebutuhan PT. Globalindo Intimates. Tetapi untuk sekarang, PT. Globalindo Intimates lebih fokus terhadap produksi *Bra* dan *panties*.

4.1.3.4 Pemasaran

Dalam hal pemasaran dan penjualan PT. Globalindo Intimates telah memiliki *buyer* tersendiri berdasarkan brand – brand yang telah melakukan permintaan disini. Komitmen perusahaan PT. Globalindo Intimates bahwa didalam memenuhi target penjualannya selama kondisi perusahaan memungkinkan akan selalu mengikuti atau berpartisipasi pada setiap *brand* yang bekerja sama ada hubungannya dengan produk dan *service* yang dihasilkan baik diluar negeri atau PT. Globalindo Intimates akan tunduk dan patuh pada semua ketentuan yang tercantum terhadap kriteria produk dan perjanjian terhadap *brand* yang bekerja

sama. PT. Globalindo Intimates langsung memasarkan kepada *brand – brand* tersebut. Dalam kata lain PT. Globalindo Intimates hanya membuat produk sesuai dengan permintaan *buyer*. Beberapa brand – brand yang bekerja sama dengan PT. Globalindo Intimates. Bra dan Panties (Vanity Fair 60%, Hanna Branda 30%, H&M 7%, Wolf 3%). Outerwear, T-shirt, Boxer brief (Royne 100%, Puma 100%, Spalding 100%).

Negara – negara yang di Export oleh PT. Gloablindo Intimates yaitu USA (95%) , German dan Canada (5%).

Selanjutnya dengan cara pameran. Pameran merupakan salah satu cara untuk memperkenalkan kepada masyarakat dan konsumen mengenai produk – produk yang diproduksi oleh PT. Globalindo Intimates dengan adanya pameran, penduduk sekitar akan tahu apa yang diproduksi oleh PT. Globalindo Intimates yaitu bra & *panties*. Dan produk lainnya seperti *t-shirt* dan celana yang dijual didalam negeri.

4.1.3.5 Pengaturan Jam Kerja

PT. Globalindo Intimates menerapkan waktu kerja maksimal 7 jam per hari. Waktu kerja perusahaan adalah 6 hari dalam seminggu yaitu hari Senin sampai dengan Sabtu. Setiap hari terdapat waku istirahat pekerja. Waktu istirahat hari Senin hingga Jumat di mulai jam 12.00 WIB hingga 13.00 WIB, sedangkan untuk hari Sabtu istirahat tidak menggunakan waktu istirahat karena pulang cepat. Berikut ini merupakan tabel penjelasan tentang jam kerja dan istirahat karyawan di PT. Globalindo Intimates.

Tabel 4.2 Jam Kerja Karyawan di PT. Globalindo Intimates

No	Hari Kerja	Shift Kerja	Jam Kerja
1	Senin - Jumat	Shift 1	07.00 – 14.30
		Istirahat	12.00 – 13.00
		Shift 2	14.30 – 22.15
		Istirahat	18.00 – 18.30
2	Sabtu	Shift 1	07.00 – 12.00
		Shift 2	12.45 – 16.45

4.2 Pengumpulan Data

4.2.1 Downtime Mesin Molding

Jumlah data frekuensi *downtime* mesin pada bagian departemen molding yang diambil selama 6 bulan kebelakang mulai dari bulan Maret 2017 – September 2017.

Tabel 4. 3 Tabel Frekuensi *Downtime* Mesin Molding

Mesin	Frekuensi Kerusakan	Tanggal Kerusakan	<i>Downtime</i> (Menit)
Mesin 1	1	18-Mar-17	5
	5	3, 5, 7, 25, 27 April 2017	75
	8	3, 8, 10, 17, 23, 26, 30, 31 Mei 2017	55
	9	2, 3, 5, 6, 8, 9, 15, 22, 30 Juni 2017	85
	3	5, 10, 20, Jul 17	25
	2	22, 30 Agu 17	60
Mesin 2	6	15, 16, 18, 20, 22, 29 Mar 17	85
	6	6, 7, 11, 19, 20, 26 April 2017	65
	3	12, 22, 23 Mei 2017	25
	4	2, 5, 7, 12, Juni 2017	60
	2	20, 22 Jul 17	10
	1	22-Agust-17	20
Mesin 3	5	15, 19, 20, 29 Mar 17	65
	6	7, 11, 19, 20, 28,30 April 2017	80
	3	10, 19, 24 Mei 2017	30
	5	4, 6, 7, 15,18, 26 Juni 2017	75
	3	18, 25,28 Jul 17	45
	2	9,10 Agu 17	30
Mesin 4	4	15, 20, 24, 27 Mar 17	60
	4	7, 20, 26, 30 April 2017	90
	2	10, 24 Mei 2017	45
	4	6,15,18, 26 Juni 2017	70

Mesin	Frekuensi Kerusakan	Tanggal Kerusakan	<i>Downtime</i> (Menit)
	2	18, 27 Jul 17	55
	2	6,11 Agu 17	40
Mesin 5	6	7, 20, 21, 26, 27,30 Mar 2017	75
	4	8, 17, 20, 28 April 2017	55
	2	20, 28 Mei 2017	40
	4	6,15,18, 26 Juni 2017	70
	3	11, 27, 29 Jul 2017	50
	3	6,11,18 Agu 2017	70
	2	7, 20 sep 2017	40
	2	20, 26 des 2017	45
Mesin 6	4	4, 19, 25, 28 Mar 2017	80
	2	3, 16 April 2017	45
	3	3, 10, 25 Mei 2017	60
	2	18, 23 Juni 2017	35
	3	3, 10, 25 Jul 2017	65
	3	3,16, 22 Agu 2017	70
Mesin 7	3	13, 21, 24, Mar 17	60
	4	7, 20, 26, 30 April 2017	90
	2	10, 24 Mei 2017	45
	4	3,7,12, 28 Juni 2017	80
	2	13, 20 Jul 17	40
	2	2,11 agu 17	40
	3	8,11, 14 sep 2017	45
	2	2, 22 okt 17	35
	3	7,15, 25 des 17	65
	3	12, 24, 28 Mar 17	65
	5	2, 7, 20, 26, 30 April 2017	100

Mesin	Frekuensi Kerusakan	Tanggal Kerusakan	<i>Downtime</i> (Menit)
Mesin 8	2	11, 25 Mei 2017	45
	4	3,7,12, 28 Juni 2017	65
	3	13,18, 20 Jul 17	60
	2	8,11 Agu 17	45
	5	6, 9, 12, 14, 22 sep 17	105
	3	3, 6, 18 okt 17	75
	2	20, 22 nov 17	40
	3	5, 11, 22 des 17	75
Mesin 9	4	11, 21, 24, 29 Mar 17	80
	4	7, 20, 26, 30 April 2017	90
	2	10, 28 Mei 2017	45
	2	4, 12 Juni 2017	45
	5	2, 5, 12, 19, 21 Jul 17	90
	4	2, 5, 8, 10 Agu 17	75
	2	6, 15 sep 17	45
	3	3, 10, 18 okt 17	60
	2	3, 11, 22 des 17	70
Mesin 10	3	19, 25, 27 Mar 17	60
	4	3, 13, 27, 30 April 2017	95
	2	8, 20 Mei 2017	50
	4	3,8,17, 28 Juni 2017	85
	3	14, 18, 21 Jul 17	60
	2	8,11 Agu 17	40
	3	6, 18, 25 sep 17	70
	2	9, 24 okt 17	95
	2	20, 27 Mar 17	40
	3	7, 23, 30 April 2017	95

Mesin	Frekuensi Kerusakan	Tanggal Kerusakan	Downtime (Menit)
Mesin 11	3	10, 18, 25 Mei 2017	70
	5	5, 10, 26, 28, 30 Juni 2017	145
	6	2, 11, 18, 23, 27, 30 Jul 17	160
	4	2, 5, 9, 10 Agu 17	75
	2	8, 16 sep 17	110
Mesin 12	3	5, 14, 27 Mar 17	60
	3	7, 20, 29 April 2017	85
	3	10, 13, 22 Mei 2017	70
	4	4, 10, 28, 30 Juni 2017	105
	4	7, 12, 19, 21 Jul 17	85
	2	6, 13 Agu 17	40
	2	13, 24 sep 17	45
Mesin 13	2	14, 27 Mar 17	85
	3	9, 17, 26 April 2017	75
	2	14, 27 Mei 2017	60
	4	3, 5, 8, 21 Juni 2017	85
	2	17, 28 Jul 17	70
	3	5, 10, 27 Agu 17	65
	2	10, 25 sep 17	45
	2	22, 27 nov 17	65
Mesin 14	4	15, 20, 24, 27 Mar 17	60
	4	7, 20, 26, 30 April 2017	90
	3	10, 20, 24 Mei 2017	75
	4	5, 16, 18, 27 Juni 2017	90
	2	14, 29 Jul 17	75
	5	2, 11, 15, 19, 25 Agu 17	155
	3	4, 12, 20 sep 17	95

Mesin	Frekuensi Kerusakan	Tanggal Kerusakan	<i>Downtime</i> (Menit)
	2	6, 17 okt 17	60
	3	7, 10, 24 nov 17	90
Mesin 15	3	11, 19, 27 Mar 17	85
	2	7, 20, April 2017	50
	5	10, 13, 20, 24, 29 Mei 2017	150
	3	6, 15, 26 Juni 2017	70
	3	7, 18, 27 Jul 17	85
	3	8, 15, 25 Agu 17	40
	4	3, 10, 20, 29 sep 17	95
	2	15, 20 okt 17	50
	3	5, 10, 19 nov 17	85
Mesin 16	2	7, 20, Mar 17	45
	3	20, 26, 30 April 2017	80
	2	11, 22 Mei 2017	45
	3	9, 17, 28 Juni 2017	90
	3	10, 19, 26 Jul 17	120
	2	8, 12 Agu 17	80
	3	5, 14, 20 sep 17	90
	2	4, 17 okt 17	60
Mesin 17	3	12, 19, 28 Mar 17	85
	5	9, 19, 24, 27, 30 April 2017	135
	3	10, 24, 29 Mei 2017	80
	3	8, 16, 20 Juni 2017	100
	3	6, 18, 27 Jul 17	90
	2	10, 22 Agu 17	70
	3	8, 14, 20 sep 17	120
	2	12, 22, Mar 17	65

Mesin	Frekuensi Kerusakan	Tanggal Kerusakan	<i>Downtime</i> (Menit)
Mesin 18	4	8, 21, 24, 30 April 2017	120
	4	10, 15, 21, 24 Mei 2017	145
	3	16,24, 28 Juni 2017	80
	3	10, 18, 27 Jul 17	100
	4	6, 19, 22, 28 Agu 17	145
	2	3, 9 sep 17	90
	3	7, 15, 20 okt	75
Mesin 19	3	11, 18, 23, Mar 17	90
	3	9, 20, 30 April 2017	120
	3	10, 24, 28 Mei 2017	150
	4	8, 16, 22, 28 Juni 2017	120
	3	15, 22 Jul 17	70
	2	8,15 Agu 17	65
	3	10, 19, 24, sep 17	90
Mesin 20	2	5, 18 Mar 17	55
	5	7, 18, 20, 26, 30 April 2017	125
	4	10, 15, 20, 24 Mei 2017	100
	4	6,15,18, 26 Juni 2017	120
	2	17, 23 Jul 17	75
	2	10, 21 Agu 17	65
	2	7, 10, 20 sep 17	80

Tabel 4.4 Jumlah Frekuensi *Downtime* dan *Downtime* Kumulatif Mesin *Molding*

Mesin	Frekuensi	<i>Downtime</i> (Menit)	<i>% Downtime</i>	<i>% Downtime</i> Kumulatif
1	28	305	2,76	2,76
2	22	265	2,40	5,16
3	24	325	2,94	8,10
4	18	360	3,26	11,35
5	26	445	4,03	15,38
6	17	355	3,21	18,59
7	25	500	4,52	23,11
8	32	675	6,11	29,22
9	28	600	5,43	34,65
10	23	555	5,02	39,67
11	25	695	6,29	45,95
12	21	490	4,43	50,39
13	20	550	4,98	55,36
14	30	790	7,15	62,51
15	28	710	6,42	68,93
16	20	610	5,52	74,45
17	22	680	6,15	80,60
18	25	820	7,42	88,02
19	21	705	6,38	94,39
20	21	620	5,61	100,00
Jumlah	476	11055	100,00	

4.2.2 Data Kerusakan Komponen Mesin Molding

Jumlah data kerusakan komponen mesin molding yang diambil selama 6 tahun terakhir kebelakang mulai dari bulan Maret–September 2017.

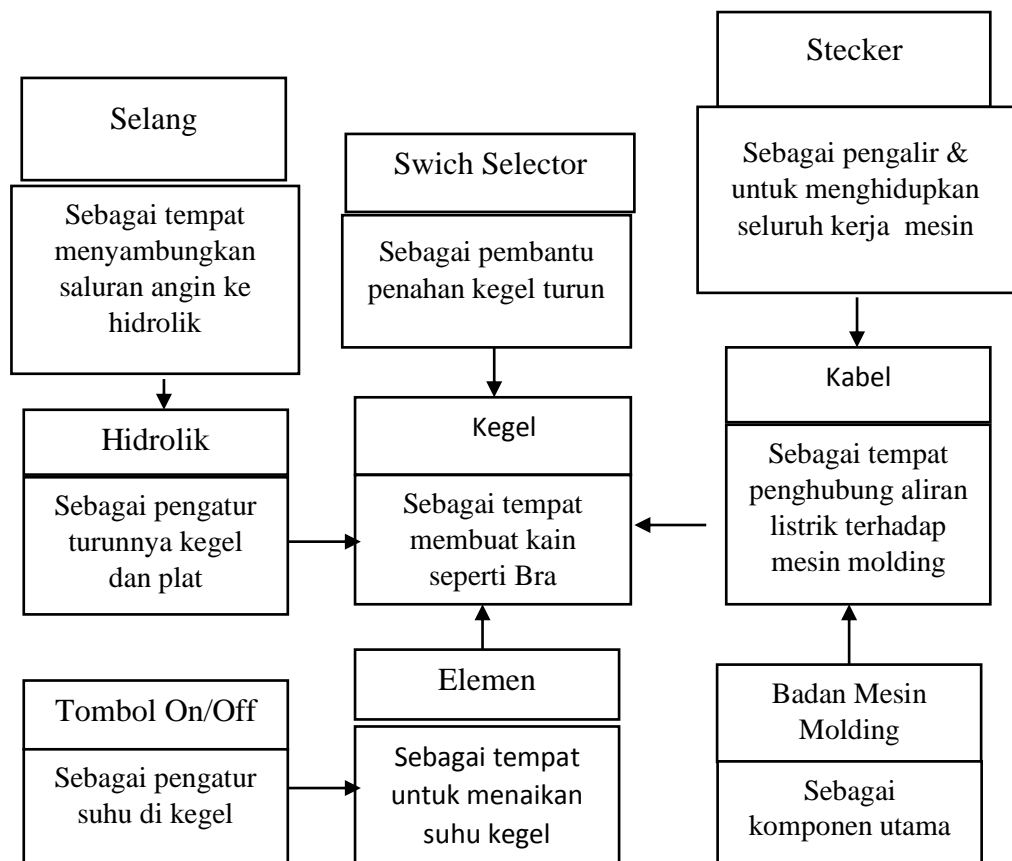
Tabel 4.5 Tabel Jumlah Total Frekuensi *Downtime* dan *Downtime* Kumulatif Mesin Molding

No	Komponen	Frekuensi	<i>Downtime</i> (menit)	<i>Downtime</i> (%)	<i>Downtime</i> Kumulatif (%)
1	Kegel	318	7765	70,95	70,95
2	Kabel	31	495	4,52	75,47
3	Tombol On/Off	6	90	0,82	76,29
4	Swich Selector	6	110	1,01	77,30
5	Stecker	10	115	1,05	78,35
6	Lampu Indikator	10	335	3,06	81,41
7	Selang	33	660	6,03	87,44
8	Remax	57	1375	12,56	100,00
	Jumlah	471	10945	100,00	

4.3 Pengolahan Data

4.3.1 Function Block Diagram

Function Block Diagram (FBD) Mesin Molding ditunjukkan untuk memberikan pengetahuan secara umum mengenai bagian dan fungsi utama dari mesin molding. Gambar dibawah ini menunjukkan *Function Block Diagram* (FBD) pada mesin molding.



Gambar 4.5 *Function Block Diagram*

4.3.2 Failure Mode And Effect Analysis

Pada tahap ini caranya dengan mengidentifikasi dari kegagalan fungsi dan dari penyebab setiap kegagalan pada Mesin Molding. Dalam melakukan pengisian untuk equipment Badan Mesin Molding setelah mengisi kolom function selanjutnya adalah mengisi kolom function failure, failure mode dan effect failure. Dan selanjutnya mengisi pada kolom *severity* (S), *occurance* (O), *detection* (D).

Pada pengisian kolom *severity* (S), *occurance* (O), *detection* (D) menggunakan tabel penilaian dengan cara mencocokkan dengan kriteria – kriteria pada setiap penilaian. Setelah mendapatkan nilai pada kolom *severity* (S), *occurance* (O), *detection* (D) selanjutnya mengalikan masing – masing penilaian tersebut sehingga mendapatkan nilai RPN

Contoh penyelesaian :

Equipment : Badan Mesin Molding				
Keterangan	Rangking	Akibat/Kejadian	Kriteria Verbal	Akibat Pada Produksi
S (<i>Severity</i>)	3	Akibat ringan	Mesin tetap beroperasi dan aman, hanya terjadi sedikit gangguan peralatan yang tidak berarti, akibat hanya dapat diketahui oleh rata-rata operator	Proses telah berada diluar pengendalian
O (<i>Occurance</i>)	1	Hampir tidak pernah	Kerusakan hampir tidak pernah terjadi	> 15.000 jam operasi
D (<i>Detection</i>)	10	Tidak pasti	Perawatan <i>preventive</i> akan selalu tidak mampu mendeteksi penyebab potensial, mekanisme kegagalan dan metode kegagalan.	
RPN = S x O x D = 3 x 1 x 10 = 30				

Tabel 4.6 Tabel FMEA Mesin Molding

No	Equipment	Function	Funtion Failure	Failure mode	Effect of Failure	S	O	D	RPN
1	Badan mesin molding	Sebagai komponen utama	komponen diam	baut kendur	mesin mengalami gangguan	3	1	10	30
2	Kegel	Sebagai pencetak bentuk bra	komponen bergerak	bentuk berubah	mesin molding tidak dapat digunakan	4	2	8	64
3	Kabel	Untuk pemhubung aliran listrik terhadap mesin molding	komponen diam	diperbaiki ganti kabel	temperatur suhu tidak bisa naik	3	2	7	42
4	Tombol On/Off	Sebagai pengatur suhu di kegel	komponen diam	diperbaiki ganti tombol on/off	suhu terhadap kegel mati	1	4	8	32
5	Swich Selector	Sebagai pengatur suhu di kegel	komponen bergerak	bentuk berubah	mesin molding tidak dapat digunakan	2	3	6	36
6	Stecker	Sebagai pengalir & untuk menghidupkan seluruh kerja mesin	komponen diam	colokan terbakar	mesin molding tidak dapat digunakan	2	4	5	40
7	Hidrolik	Sebagai pengatur turunnya kegel	komponen bergerak	Kebocoran seal	turunnya kegel tidak beraturan	4	5	9	59

No	Equipment	Function	Funtion Failure	Failure mode	Effect of Failure	S	O	D	RPN
		dan plat							
8	Selang	Sebagai tempat menyambungkan saluran angin ke hidrolik	komponen diam	selang pecah / bocor	kegel tiba tiba turun tidak beraturan	3	2	8	48
9	Elemen	Sebagai tempat untuk menaikkan suhu kegel	komponen diam	mesin mati total	suhu tidak beraturan sampe 0	4	2	7	56

4.3.3 Logic Tree Analysis (LTA)

Logic Tree Analysis (LTA) merupakan tindak lanjut dari tabel FMEA untuk mengisi prioritas dari setiap kerusakan untuk komponen yang menyebabkan kegagalan fungsi sistem Mesin Molding. Penilaian ini menjawab disetiap pertanyaan seperti untuk *Equipment* badan mesin jahit dapat menjawab pertanyaan sebagai berikut :

1. **Evident** (E), Apakah operator mengetahui dalam kondisi normal, telah terjadi gangguan dalam sistem? Yes
2. **Safety** (S), Apakah kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan? No
3. **Outage** (O), Apakah mode kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin terhenti? No
4. **Category** (C), yaitu pengkategorian setelah menjawab pertanyaan -pertanyaan yang diajukan. Pengkategorian terbagi menjadi 4 kategori yaitu :
 - a. Kategori A (*Safety Problem*)
 - b. Kategori B (*Cutage Problem*)
 - c. Kategori C (*Economic Problem*)
 - d. Kategori D (*Hidden Problem*)

Tabel 4.7 Tabel Logic Tree Analysis (LTA) Mesin Molding

No	Equipment	Function	Funtion Failure	Failure mode	Effect of Failure	Critical analysis			
						E	S	O	C
1	Kegel	Sebagai pencetak bentuk bra	komponen bergerak	bentuk berubah	mesin molding tidak dapat digunakan	Y	N	N	D
2	Kabel	Untuk pemhubung aliran listrik terhadap mesin molding	komponen diam	diperbaiki ganti kabel	temperatur suhu tidak bisa naik	Y	Y	Y	C
3	Tombol On/Off	Sebagai pengatur suhu di kegel	komponen diam	diperbaiki ganti tombol on/off	suhu terhadap kegel mati	Y	N	Y	C
4	Swich Selector	Sebagai pengatur suhu di kegel	komponen bergerak	bentuk berubah	mesin molding tidak dapat digunakan	N	N	Y	C
5	Stecker	Sebagai pengalir & untuk menghidupkan seluruh kerja mesin	komponen diam	colokan terbakar	mesin molding tidak dapat digunakan	Y	N	Y	C
6	Hidrolik	Sebagai pengatur turunnya kegel dan plat	komponen bergerak	Kebocoran seal	turunnya kegel tidak beraturan	Y	N	Y	C
7	Selang	Sebagai tempat menyambungkan	komponen diam	selang pecah /	kegel tiba tiba turun	Y	N	Y	C

No	Equipment	Function	Funtion Failure	Failure mode	Effect of Failure	Critical analysis			
						E	S	O	C
		saluran angin ke hidrolik		bocor	tidak beraturan				
8	Elemen	Sebagai tempat untuk menaikkan suhu kegel	komponen diam	mesin mati total	suhu tidak beraturan sampe 0	N	N	Y	C

4.3.4 RCM II Worksheet

Tahap ini merupakan penggabungan dari analisa dengan tabel FMEA dan dapat mengetahui konsekuensi kegagalan pada tahap LTA dengan menambahkan RCM *decision diagram*. Contoh pengisian pada tabel RCM *decision diagram* untuk *Equipment* Badan Mesin Molding pada kolom adalah F = *Failure*, FF = *Functional Failure* dan FM = *Failure Mode*. Pengisian ini sama halnya dengan tabel FMEA dan tabel LTA. Sedangkan untuk kolom yang lain pada RCM *decision diagram* kolom *Hidden failure consequences* (H) = Y, *Safety consequences* (S) = N, *Enviromental consequences* (E) = N, *Operational consequences* (O) = N, dan *On condition task* (H1/H2/O1/N1) = Y. Selanjutnya pada kolom *Proposed task* diisikan *Schadule On Condition*, dengan interval awal 3 jam yang akan dikerjakan oleh mekanik. Berikut dibawah ini adalah tabel RCM II *worksheet* :

Tabel 4.8 Tabel RCM II Worksheet

RCM II Decision Worksheet		Sistem : Mesin Molding													Date :	Sheet No	
		Sub-sistem : Kegel , Kabel, Tombol On/Off, Swich Selector, Stecker , Lampu Indikator, Selang, Remax															
																Of.	
Information Referance					Consequence evaluation				H 1	H 2	H 3	Default Action			Proposed Task	Initial Interval (hours)	Can be done by
No.	Equipment	F	FF	FM	H	S	E	O	E 1	E 2	E 3	H 4	H 5	S 4			
									O 1	O 2	O 3						
1	Kegel	1	1	1	Y	N	N	N	Y	-	-	-	-	-	Schedule On Condition	2	Mekanik
2	Kabel	1	1	1	Y	Y	Y	Y	Y	-	-	-	-	-	Schedule On Condition	3	Mekanik
3	Tombol On/Off	1	1	1	Y	N	Y	Y	Y	-	-	-	-	-	Schedule On Condition	1	Mekanik
4	Swich Selector	1	1	1	N	N	Y	Y	Y	-	-	-	-	-	Schedule On Condition	1	Mekanik
5	Stecker	1	1	1	Y	N	Y	Y	Y	-	-	-	-	-	Schedule On Condition	1	Mekanik
6	Hidrolik	1	1	1	Y	N	Y	Y	Y	-	-	-	-	-	Schedule On Condition	2	Mekanik
7	Selang	1	1	1	Y	N	Y	Y	Y	-	-	-	-	-	Schedule On Condition	1	Mekanik
8	Elemen	1	1	1	N	N	Y	Y	Y	-	-	-	-	-	Schedule On Condition	1	Mekanik

4.3.5 Penentuan Komponen Kritis

Data Komponen kritis didapatkan dari data kerusakan mesin molding selama 1 tahun terakhir pada PT.Globalindo Intimates. Dalam penentuan pada komponen kritis diurutkan berdasarkan total harga komponen dari yang terbesar ke terkecil.

Contoh penyelesaian komponen kritis mesin molding :

1. Kegel :

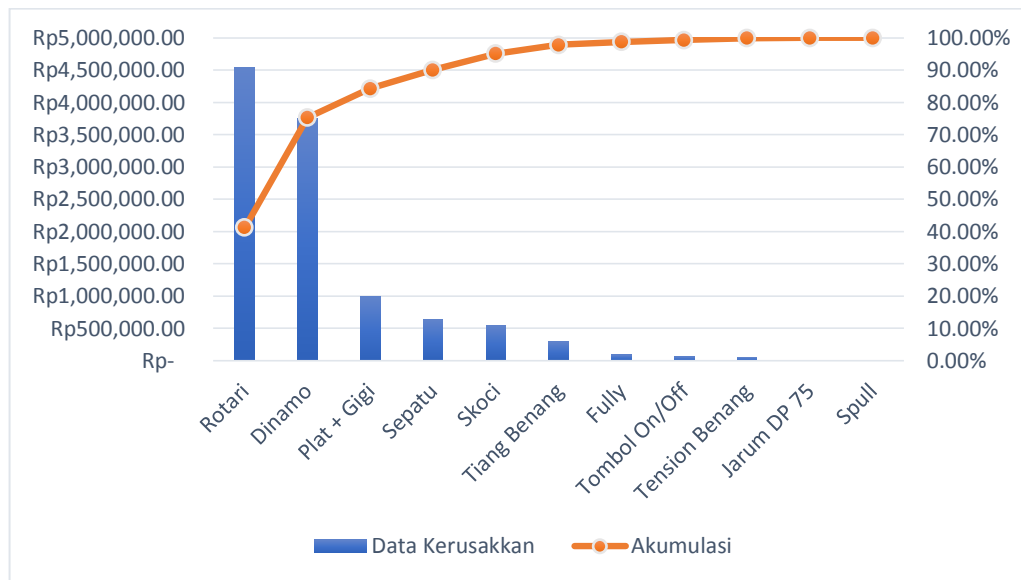
$$\text{Harga Komponen} = \text{Frekuensi Kerusakan} \times \text{Harga Komponen}$$

$$\text{Harga Komponen} = 2 \times \text{Rp. 1.500.000} = \text{Rp 3.000.000}$$

$$\begin{aligned} \text{Persentase} &= (\text{Total Harga Kegel} \div \text{Jumlah Total Harga}) \times 100\% \\ &= 26,93\% \end{aligned}$$

Tabel 4.9 Daftar Komponen Kritis Mesin Molding

No	Data Kerusakan	Frekuensi Kerusakan	Harga Komponen (Rp)	Total Harga (Rp)	Persentase (%)	Akumulasi (%)
1	Kegel	2	1.500.000	3.000.000	26,93	26,93
2	Kabel	10	250.000	2.500.000	22,44	49,37
3	Tombol On/Off	6	55.000	330.000	2,96	52,33
4	Swich Selector	6	80.000	480.000	4,31	56,64
5	Stecker	10	150.000	1.500.000	13,46	70,11
6	Hidrolik	1	2.500.000	2.500.000	22,44	92,55
7	Selang	10	18.000	180.000	1,62	94,17
8	Elemen	5	130.000	650.000	5,83	100,00
	TOTAL	50	4.683.000	11.140.000		



Gambar 4.6 Diagram Pareto Komponen Kritis

Berdasarkan pada data komponen kritis diatas dengan menggunakan diagram pareto terdapat satu komponen mesin molding yang tertinggi yaitu komponen Kegel.

4.3.6 Penentuan Jenis Distribusi *Time to Failure*

Pemilihan jenis distribusi dilakukan dengan menggunakan metode *Least Square CurvaFitting* yang berdasarkan nilai paling besar *index of fit* (r).

1. Distribusi *Exponensial*

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 8 + 0,4 = 8,4$$

$$X_i = t_i$$

$$X_i = 90$$

$$X_i^2 = 90^2 = 8100$$

$$F(t_i) = i - 0,3 \div n + 0,4$$

$$= 1 - 0,3 \div 8 + 0,4$$

$$= 0,084$$

$$Y_i = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1 - F(t_i)} \right) \right] = \left[\ln \left(\frac{1}{1 - 0,084} \right) \right] = 0,0877$$

$$Y_i^2 = 0,0877^2 = 0,00769129$$

$$X_i Y_i = 90 \times 0,0877 = 96,47$$

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

$$r_{\text{eksponensial}} = \frac{(22919,26645) - (10945 \times 7,31994)}{\sqrt{[(8 \times 63012125) - (63012125 \times 63012125)][(8 \times 11,23466895) - (11,23466895 \times 11,23466895)]}} = 0,5498$$

Tabel 4.10 Perhitungan *Time to Failure* Distribusi *Eksponensial*

No	Ti	Xi= ti	Xi ²	F(ti)	Yi	Yi ²	XiYi
1	90	90	8100	0,084	0,0877	0,00769129	7,893
2	110	110	12100	0,20238	0,22611	0,051125732	24,8721
3	115	115	13225	0,32143	0,38776	0,150357818	44,5924
4	335	335	112225	0,44048	0,58067	0,337177649	194,52445
5	495	495	245025	0,55952	0,81988	0,672203214	405,8406
6	660	660	435600	0,67857	1,13528	1,288860678	749,2848
7	1375	1375	1890625	0,79762	1,5976	2,55232576	2196,7
8	7765	7765	60295225	0,91667	2,48494	6,174926804	19295,5591
Total	10945	10945	63012125	4,00067	7,31994	11,23466895	22919,26645
						r	0,5498

2. Distribusi Normal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 8 + 0,4 = 8,4$$

$$X_i = t_i$$

$$X_i = 90$$

$$X_i^2 = 90^2 = 8100$$

$$F(t_i) = i - 0,3 \div n + 0,4$$

$$= 1 - 0,3 \div 8 + 0,4$$

$$= 0,084$$

$$Y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$Y_i = Z_i = \Phi^{-1}[0,084] = -1,62352$$

$$Y_i^2 = -1,62352^2 = 2,635828$$

$$X_i Y_i = 90 \times -1,62352 = -1785,88$$

Keterangan : Y_i didapatkan dengan melihat tabel *standardized normal probabilitas*

$$\Gamma_{\text{normal}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[\ln(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][\ln(\sum_{i=1}^n z_i^2) - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}}$$

$$\Gamma_{\text{normal}} = \frac{(8 \cdot 353989,7) - (487735 \cdot 0)}{\sqrt{[(8 \cdot 32195770475) - 237885430225](8 \cdot 10,34704) - 0,00}} = 0,67352$$

Tabel 4.11 Perhitungan *Time to Failure* Distribusi Normal

No	ti	Xi= ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	90	90	8100	0,084	1,62352	2,635828	1785,88
2	110	110	12100	0,20238	1,14133	1,302641	3686,51
3	115	115	13225	0,32143	0,8363	0,699401	6924,58
4	335	335	112225	0,44048	0,59441	0,353322	7887,8
5	495	495	245025	0,55952	0,38331	0,146924	6723,2
6	660	660	435600	0,67857	0,18817	0,035407	4905,5
7	1375	1375	1890625	0,79762	0	0	0
8	7765	7765	60295225	0,91667	0,188166	0,035407	6724,124
TOTAL	10945	10945	63012125	4,00067	0	10,34704	353989,7
						r	0,67352

3. Distribusi Lognormal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 8 + 0,4 = 8,4$$

$$t_i = 90$$

$$X_i = \ln t_i$$

$$X_i = \ln 90 = 4,499809$$

$$X_i^2 = 4,499809^2 = 20.24828$$

$$F(t_i) = i - 0,3 \div n + 0,4$$

$$= 1 - 0,3 \div 8 + 0,4$$

$$= 0,084$$

$$Y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$Y_i = Z_i = \Phi^{-1}[0,052239] = -1,62352$$

$$Y_i^2 = -1,62352^2 = 2,635828$$

$$X_i Y_i = 7,003065 x - 1,62352 = -11,3696$$

$$\Gamma_{\text{lognormal}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[\ln(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][\ln(\sum_{i=1}^n z_i^2) - (\sum_{i=1}^n z_i)^2]}}$$

$$\Gamma_{\text{lognormal}} = \frac{(8 \cdot 14,09829) - (129,7128 \cdot 0,00)}{\sqrt{[(8 \cdot 1315,249) - 16825,41048](8 \cdot 10,34704) - 0,00}} = 0,65375$$

Tabel 4.12 Perhitungan *Time to Failure* Distribusi *Log Normal*

No	ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	90	4,49980	20.24828	0,084	1,62352	2,635828	-11,3696
2	110	4,70048	22.09451	0,20238	1,14133	1,302641	-9,22224
3	115	4,74493	22.79995	0,32143	0,8363	0,699401	-7,54478
4	335	5.81413	33.80410	0,44048	0,59441	0,353322	-5,64288
5	495	6.20455	38.49644	0,55952	0,38331	0,146924	-3,74576
6	660	6.49223	42.14905	0,67857	0,18817	0,035407	-1,91338
7	1375	7.22620	52.21796	0,79762	0	0	0
8	7765	8.95738	80.23465	0,91667	0,188166	0,035407	1,972714
TOTAL	10945			4,00067	0	10,34704	14,09829
						r	0,65375

4. Distribusi *Weibull*

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 8 + 0,4 = 8,4$$

$$t_i = 90$$

$$X_i = \ln t_i$$

$$X_i = \ln 90 = 4,499809$$

$$X_i^2 = 4,499809^2 = 20.24828$$

$$F(t_i) = i - 0,3 \div n + 0,4$$

$$= 1 - 0,3 \div 8 + 0,4$$

$$= 0,084$$

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

$$Y_i = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1 - 0,084} \right) \right] = 0.60572$$

$$Y_i^2 = 0.60572^2 = 0.36689$$

$$Y_i X_i = 4,49980 \times 0,60572 = 2,72561$$

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

$$\Gamma_{Weibull} = \frac{-0,8005 - (-1,06673 * 48,6397)}{\sqrt{[(8 * 312,04486) - (2365,82041)] [(8 * 4,50563) - (1,13791)]}}$$

$$\Gamma_{Weibull} = \frac{51,08492}{\sqrt{130,53847 * 34,90713}} = \frac{51,08492}{67,50350} = 0,75677$$

Tabel 4.13 Perhitungan *Time to Failure* Distribusi *Weibull*

No	ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	90	4,49980	20,24828	0,084	0,60572	0,36689	2,72561
2	110	4,70048	22,09451	0,20238	-1,48673	2,21036	-6,98834
3	115	4,74493	22,79995	0,32143	-0,94736	0,89749	-4,49515
4	335	5,81413	33,80410	0,44048	-0,54357	0,29546	-3,16038
5	495	6,20455	38,49644	0,55952	-0,19859	0,03943	-1,23216
6	660	6,49223	42,14905	0,67857	0,12618	0,01592	0,81918
7	1375	7,22620	52,21796	0,79762	0,46738	0,21844	3,37738
8	7765	8,95738	80,23465	0,91667	0,91024	0,82853	8,15336
		48,6397	312,04486	4,00067	-1,06673	4,50563	-0,8005
						r	0,75677

Hasil perhitungan *indeks of fit* (r) untuk data *time to failure* komponen Kegel dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.14 Tabel *Indeks of Fit*

No.	Distribusi	Index of Fit
1	<i>Eksponensial</i>	0,5498
2	Normal	0,67352
3	Log Normal	0,65375
4	<i>Weibull</i>	0,75677

Berdasarkan hasil perhitungan *indeks of fit* (r) maka jenis distribusi yang akan digunakan adalah distribusi weibull karena memiliki nilai *indeks of fit* tertinggi.

4.3.7 Uji Kecocokan *Goodness of Fit* Data Kerusakan Komponen (*Time to Failure*)

Pengujian distribusi *goodness of fit test* untuk menentukan uji hipotesis terhadap pola distribusi yang terpilih. Distribusi yang terpilih pada uji kecocokan *goodness of fit* adalah distribusi weibull maka akan dilanjutkan menggunakan uji *Mann's Test*.

Hipotesa untuk melakukan uji *Mann's Test* adalah

H_0 : Data *time to failure* berdistribusi weibull

H_1 : Data *time to failure* tidak berdistribusi weibull

α : 0,05

Penerimaan H_0 jika $M < F_{crit}$, yaitu $M < F_{crit}, k_1, k_2$

Perhitungan :

$$n = 8$$

$$k_1 = \left\lceil \frac{8}{2} \right\rceil = \left\lceil \frac{8}{2} \right\rceil = 4$$

$$k_2 = \left\lceil \frac{8-1}{2} \right\rceil = \left\lceil \frac{7}{2} \right\rceil = 3,5$$

$$t_i = 90$$

$$X_i = \ln t_i$$

$$X_i = \ln 90 = 4,499809$$

$$\begin{aligned} F(t_i) &= 1 - (i - 0,5)/(n + 0,25) \\ &= 1 - (1 - 0,5)/(8 + 0,25) = 0.06060 \end{aligned}$$

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

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1 - 0,5}{8 + 0,25} \right) \right] = -2,77226$$

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

$$M_i = 0,81819 - (-2,77226) = -1.95407$$

$$\ln t + 1 - \ln t = 4,49980 + 1 - 4,49980 = 1$$

$$\frac{(\ln t + 1 - \ln t)}{M_i} = \frac{1,077171957}{-1,95407} = 0,945790676$$

Tabel 4.15 Tabel Perhitungan Uji Mann's Test

No	ti	ln ti	F(ti)	Zi	Mi	ln t+1 - ln t	(ln t+1-ln t)/Mi
1	90	4,49980	0,06060	-2,77226	-1,95407	1,07717	0,94579
2	110	4,70048	-0,6060	0,81819	0,12122	0,94136	1,69896
3	115	4,74493	-0,18181	0,69697	-0,12121	0,47166	1,23086
4	335	5,81413	-0,30303	0,57576	-0,12121	0,278978	0,92323
5	495	6,20455	-0,42424	0,45455	-0,12121	0,396301	1,54467
6	660	6,49223	-0,54545	0,33334	-0,10526	0,13657	0,59585
7	1375	7,22620	-0,66666	0,43860	-0,43598	0,178773	0,83819
8	7765	8,95738	-0,78787	0,87458	-0,37721	0,090375	0,43852
Total			-3,45446				8,21607

$$M = \frac{k_1 \sum[(\ln t_{i+1} - \ln t_i)/M_1]}{k_2 \sum[(\ln t_{i+1} - \ln t_i)/M_1]}$$

$$M = \frac{4 \cdot 8,21607}{3,5 \cdot 8,21607} = 0,875$$

Jadi, keputusan $M < F_{crit}$. $0,875 < 4,21$, maka H_0 diterima.

4.3.8 Perhitungan Parameter dari Distribusi Waktu Antar Kerusakan (*Mean Time to Failure*)

Perhitungan Parameter dari distribusi waktu antar kerusakan menggunakan dua parameter. Distribusi ini diantaranya α (*scale parameter*) dan β (*shape parameter*).

Dibawah ini hasil perhitungan dari kedua parameter tersebut.

Contoh penyelesaian :

$$t_i \text{ (jam)} = 1,5$$

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 8 + 0,4 = 8,4$$

$$\begin{aligned} F(t_i) &= (i - 0,3)/(n + 0,4) \\ &= (0,7)/(8,4) = 0,084 \end{aligned}$$

$$X_i = \ln(t_i)$$

$$X_i = \ln 1,5 = 0,40546$$

$$Y_i = \ln[\ln(1/(1 - F(t_i)))] = \ln[\ln(1/(1 - 0,084))] = -2,925223$$

$$X_i^2 = 2,9087^2 = 8,460657$$

$$X_i Y_i = 2,9087 \times -2,925223 = -8,5086579$$

$$Y_i^2 = -2,925223^2 = 8,556931$$

$$\text{Jumlah } X^2 = 76,4863^2 = 5850,158$$

$$\text{Jumlah } Y^2 = -6,920018^2 = 47,88665$$

Tabel 4.16 Perhitungan Parameter MTTF

i	t _i (Jam)	$\frac{i-0,3}{n+0,4}$	n+0,4	F(t _i)	X _i =ln(t _i)	Y _i =ln[ln(1/(1-F(t _i)))]	X _i ²	X _i *Y _i	Y _i ²
1	1,5	0,7	8	0,0522	2,9087	-2,92522	8,46065	-8,50865	8,55693
2	1,833333	1,7	8	0,1269	3,9859	-1,99756	15,8873	-7,9620	3,99024
3	1,916667	2,7	8	0,2015	4,9273	-1,49160	24,2778	-7,34952	2,22488
4	5,583333	3,7	8	0,2761	5,3989	-1,12970	29,1483	-6,09917	1,27623
5	8,25	4,7	8	0,3507	5,6779	-0,83948	32,2384	-4,76652	0,70474
6	11	5,7	8	0,4254	6,0742	-0,59052	36,8958	-3,58698	0,34872
7	22,91667	6,7	8	0,5000	6,2108	-0,36651	38,5736	-2,27632	0,13433
8	129,4167	7,7	8	0,5746	6,3895	-0,15690	40,8262	-1,00252	0,02461
Total	364,8333				76,4863	-6,92001	470,998	-22,8392	19,2458
								Jumlah X²	5850,158
								Jumlah Y²	47,88665
								r	0,97091

1. a (scale parameter)

$$a = \frac{\sum y_i}{n} - \frac{b \sum x_i}{n}$$

$$a = \frac{-6,92001}{8} - \frac{0,851738 * 76,4863}{8}$$

$$a = -5,54357$$

$$\theta = \exp^{-a/\beta}$$

$$\theta = \exp^{-(-5,54357)/0,851738}$$

$$\theta = 607,8404$$

2. β (*shape parameter*)

$$\beta = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i) (\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$\beta = \frac{8 * 22,8392 - (76,4863 * -6,92001)}{8 * 470,998 - 5850,158} = 0,851738$$

4.3.9 Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Data Waktu Antar Kerusakan (*Mean Time to Failure*)

Menghitung nilai MTTF yang sesuai dengan distribusi weibull terhadap data *time to failure* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{MTTF} &= \theta \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \\ &= 607,840444 * \Gamma \left(1 + \frac{1}{0,851738} \right) \\ &= 607,840444 * \Gamma(2,17) \rightarrow \text{tabel fungsi gamma} \\ &= 607,840444 * 1,08423854 \\ &= 727,35 \text{ jam} \end{aligned}$$

4.3.10 Penentuan Jenis *Distribusi Time to Repair*

Pemilihan jenis distribusi dilakukan dengan menggunakan metode *Least Square CurvaFitting* yang berdasarkan nilai paling besar *index of fit* (r).

1. Distribusi *Exponensial*

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 8 + 0,4 = 8,4$$

$$X_i = t_i$$

$$X_i = 15$$

$$X_i^2 = 15^2 = 225$$

$$F(t_i) = (i - 0,3)/(n + 0,4)$$

$$= (1 - 0,3)/(8 + 0,4) = 0,048611$$

$$Y_i = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1 - F(t_i)} \right) \right] = \left[\ln \left(\frac{1}{1 - 0,048611} \right) \right] = 0,049832$$

$$Y_i^2 = 0,049832^2 = 0,002483$$

$$X_i Y_i = 15 \times 0,049832 = 0,747486$$

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

$$\Gamma_{\text{eksponensial}} = \frac{(8 \cdot 617,3002) - (500 \cdot 13,21002)}{\sqrt{[(8 \cdot 20350) - 250000][8 \cdot 22,00728] - 174,5046}} = 0,943454$$

Tabel 4.17 Perhitungan *Time to Repair* Distribusi *Ekspensial*

No	ti	Xi= ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	15	15	225	0,048611	0,049832	0,002483	0,747486
2	15	15	225	0,118056	0,125626	0,015782	1,884393
3	25	25	625	0,1875	0,207639	0,043114	5,190984
4	30	30	900	0,256944	0,296984	0,0882	8,909534
5	30	30	900	0,326389	0,395102	0,156106	11,85307
6	30	30	900	0,395833	0,503905	0,25392	15,11716
7	35	35	1225	0,465278	0,626008	0,391886	21,91028
8	35	35	1225	0,534722	0,765121	0,58541	26,77922
TOTAL		500	20350		13,21002	22,00728	617,3002
					r		0,943454

2. Distribusi Normal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 8 + 0,4 = 8,4$$

$$X_i = t_i$$

$$X_i = 15$$

$$X_i^2 = 15^2 = 225$$

$$\begin{aligned} F(t_i) &= (i - 0,3)/(n + 0,4) \\ &= (1 - 0,3)/(8 + 0,4) = 0,048611 \end{aligned}$$

$$Y_i = Z_i = \Phi^{-1}[F(t_i)]$$

$$Y_i = Z_i = \Phi^{-1}[0,048611] = -1,65847$$

$$Y_i^2 = -1,65847^2 = 2,75053$$

$$X_i Y_i = 15 \times -1,65847 = -24,8771$$

Y_i didapatkan dengan melihat tabel *standardized normal probabilitas*

$$\Gamma_{\text{normal}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i z_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n z_i)}{\sqrt{[\ln(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2/n][\ln \sum_{i=1}^n z_i^2 - (\sum_{i=1}^n z_i)^2/n]}}$$

$$\Gamma_{\text{normal}} = \frac{(8 \cdot 162,472) - (500 \cdot 0)}{\sqrt{[(8 \cdot 3600) - 20350](8 \cdot 11,29429) - 0,00}} = 0,967941$$

Tabel 4.18 Perhitungan Time to Repair Distribusi Normal

No	ti	Xi= ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	15	15	225	0,048611	-1,65847	2,75053	-24,8771
2	15	15	225	0,118056	-1,18476	1,403664	-17,7714
3	25	25	625	0,1875	-0,88715	0,787029	-22,1787
4	30	30	900	0,256944	-0,65279	0,42614	-19,5838
5	30	30	900	0,326389	-0,44991	0,202416	-13,4972
6	30	30	900	0,395833	-0,26415	0,069774	-7,92441
7	35	35	1225	0,465278	-0,08715	0,007594	-3,05011
8	35	35	1225	0,534722	0,087146	0,007594	3,050106
TOTAL		500	20350		0	11,29429	162,472
						r	0,967941

3. Distribusi Lognormal

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 8 + 0,4 = 8,4$$

$$Xi = \ln ti$$

$$Xi = \ln 15 = 2,70805$$

$$Xi^2 = 2,70805^2 = 7,333536$$

$$F(ti) = (i - 0,3)/(n + 0,4)$$

$$= (1 - 0,3)/(8 + 0,4) = 0,048611$$

$$Yi = Zi = \Phi^{-1}[F(ti)]$$

$$Yi = Zi = \Phi^{-1}[0,048611] = -1,65847$$

$$Yi^2 = -1,65847^2 = 2,75053$$

$$XiYi = 2,70805 \times -1,65847 = -4,49123$$

$$\Gamma_{\text{lognormal}} = \frac{\sum_{i=1}^n xi zi - (\sum_{i=1}^n xi)(\sum_{i=1}^n yi)}{\sqrt{[\ln(\sum_{i=1}^n xi^2) - (\sum_{i=1}^n xi)^2][\ln \sum_{i=1}^n yi^2 - (\sum_{i=1}^n yi)^2]}}$$

$$\Gamma_{\text{lognormal}} = \frac{(8 \cdot 4,91443) - (48,98308 \cdot 0,00)}{\sqrt{[(8 \cdot 173,7011) - 2399,3421](8 \cdot 11,29429) - 0,00}} = 0,960174$$

Tabel 4.19 Perhitungan Time to Repair Distribusi Log Normal

No	Ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	15	2,70805	7,333536	0,048611	-1,65847	2,75053	-4,49123
2	15	2,70805	7,333536	0,118056	-1,18476	1,403664	-3,2084
3	25	3,218876	10,36116	0,1875	-0,88715	0,787029	-2,85561
4	30	3,401197	11,56814	0,256944	-0,65279	0,42614	-2,22028
5	30	3,401197	11,56814	0,326389	-0,44991	0,202416	-1,53022
6	30	3,401197	11,56814	0,395833	-0,26415	0,069774	-0,89842
7	35	3,555348	12,6405	0,465278	-0,08715	0,007594	-0,30983
8	35	3,555348	12,6405	0,534722	0,087146	0,007594	0,309834
TOTAL		48,98308	173,7011		0	11,29429	4,91443
						r	0,960174

4. Distribusi Weibull

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 8 + 0,4 = 8,4$$

$$X_i = \ln t_i$$

$$X_i = \ln 15 = 2,70805$$

$$X_i^2 = 2,70805^2 = 7,333535$$

$$\begin{aligned} F(t_i) &= (i - 0,3)/(n + 0,4) \\ &= (1 - 0,3)/(8 + 0,4) = 0,048611 \end{aligned}$$

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

$$Y_i = \ln \left[\ln \left(\frac{1}{1 - 0,048611} \right) \right] = -2,99909$$

$$Y_i^2 = -2,99909^2 = 8,994543$$

$$X_i Y_i = 2,70805 \times -2,99909 = -8,12169$$

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

$$r_{Weibull} = \frac{(8 * (-20,1028)) - (48,98308 * (-7,48504))}{\sqrt{[8 * 173,7010658] - 2399,4321} * [8 * 21,04489] - (-56,0258)} = 0,968278$$

Tabel 4.20 Perhitungan *Time to Repair* Distribusi *Weibull*

No	ti	Xi=ln ti	Xi2	F(ti)	Yi	Yi2	XiYi
1	15	2,70805	7,333535892	0,048611	-2,99909	8,994543	-8,12169
2	15	2,70805	7,333535892	0,118056	-2,07444	4,303319	-5,6177
3	25	3,218876	10,36116158	0,1875	-1,57195	2,471035	-5,05992
4	30	3,401197	11,56814363	0,256944	-1,21408	1,473979	-4,12931
5	30	3,401197	11,56814363	0,326389	-0,92861	0,862317	-3,15839
6	30	3,401197	11,56814363	0,395833	-0,68537	0,469728	-2,33107
7	35	3,555348	12,64049984	0,465278	-0,46839	0,219391	-1,6653
8	35	3,555348	12,64049984	0,534722	-0,26772	0,071675	-0,95184
TOTAL		48,98308	173,7010658		-7,48504	21,04489	-20,1028
						r	0,968278

Hasil perhitungan *indeks of fit* (r) untuk data *Time to Repair* komponen Kegel dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.21 Tabel *Indeks of Fit*

Distribusi	Index of Fit
<i>Eksponensial</i>	0,9434536
Normal	0,96794126
Log Normal	0,96017443
<i>Weibull</i>	0,96827847

Berdasarkan hasil perhitungan *indeks of fit* (r) maka jenis distribusi yang akan digunakan adalah distribusi *weibull* karena memiliki nilai *indeks of fit* tertinggi.

4.3.11 Uji Kecocokan *Goodness of Fit* Data Perbaikan Komponen (*Time to Repair*)

Pengujian distribusi *goodness of fit test* untuk menentukan uji hipotesis terhadap pola distribusi yang terpilih. Distribusi yang terpilih pada uji kecocokan *goodness of fit* adalah distribusi *weibull* maka akan dilanjutkan menggunakan uji *Mann's Test*.

Hipotesa untuk melakukan uji *Mann's Test* adalah

H_0 : Data *time to failure* berdistribusi *weibull*

H_1 : Data *time to failure* tidak berdistribusi *weibull*

α : 0,05

Penerimaan H_0 jika $M < F_{crit}$, yaitu $M < F_{crit}$, k_1 , k_2

Perhitungan :

$$n = 14$$

$$k_1 = \left[\frac{r}{2} \right] = \left[\frac{14}{2} \right] = 7$$

$$k_2 = \left[\frac{r-1}{2} \right] = \left[\frac{14-1}{2} \right] = 6,5$$

$$t_i = 15$$

$$X_i = \ln t_i$$

$$X_i = \ln 15 = 2,70805$$

$$\begin{aligned} F(t_i) &= 1 - (i - 0,5)/(n + 0,25) \\ &= 1 - (1 - 0,5)/(8 + 0,25) = 0,964912281 \end{aligned}$$

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

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1 - 0,5}{8 + 0,25} \right) \right] = -3,3321$$

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

$$M_i = -2,19619 - (-3,3321) = 1,135904$$

$$\ln t + 1 - \ln t = 2,70805 - 2,70805 = 0$$

$$\frac{(\ln t + 1 - \ln t)}{M_i} = \frac{0}{1,135904} = 0$$

Tabel 4.22 Perhitungan Uji *Uji Mann's Test*

No	t_i	$\ln t_i$	$1 - ((i - 0,5)/(n + 0,25))$	Z_i	M_i	$\ln t + 1 - \ln t$	$(\ln t + 1 - \ln t)/M_i$
1	15	2,70805	0,964912281	-3,3321	1,135904	0	0
2	15	2,70805	0,894736842	-2,19619	0,55063	0,510825624	0,927711146
3	25	3,218876	0,824561404	-1,64556	0,379188	0,182321557	0,480820784
4	30	3,401197	0,754385965	-1,26638	0,297448	0	0
5	30	3,401197	0,684210526	-0,96893	0,25088	0	0
6	30	3,401197	0,614035088	-0,71805	0,222216	0,15415068	0,693696174
7	35	3,555348	0,543859649	-0,49583	0,204429	0	0
8	35	3,555348	0,473684211	-0,2914	0,194404	0	0
Total	500	48,98308	7,122807018				4,620440804

$$M = \frac{k_1 \sum[(\ln t_{i+1} - \ln t_i)/M_1]}{k_2 \sum[(\ln t_{i+1} - \ln t_i)/M_1]}$$

$$M = \frac{7 * 4,620440804}{6,5 * 4,620440804} = 1,0769$$

Jadi, keputusan $M < F_{crit}$. $1,0769 < 3,79$, maka H_0 diterima.

4.3.12 Perhitungan Parameter dari Distribusi Waktu Antar Perbaikan (*Mean Time to Repair*)

Perhitungan Parameter dari distribusi waktu antar kerusakan menggunakan dua parameter. Distribusi ini diantaranya a (scale parameter) dan β (shape parameter). Dibawah ini hasil perhitungan dari kedua parameter tersebut.

Contoh penyelesaian :

$$t_i \text{ (jam)} = 0,250$$

$$i - 0,3 = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$n + 0,4 = 8,4$$

$$F(t_i) = (i - 0,3)/(n + 0,4)$$

$$= (0,7)/(8,4) = 0,0833$$

$$X_i = \ln(t_i)$$

$$X_i = \ln 0,250 = -1,3863$$

$$Y_i = \ln[\ln(1/(1 - F(t_i)))] = \ln[\ln(1/(1 - 0,0833))] = -2,99909$$

$$X_i^2 = -1,3863^2 = 1,921812$$

$$X_i Y_i = -1,3863 \times -2,99909 = 4,157622153$$

$$Y_i^2 = -2,99909^2 = 8,994543$$

$$\text{Jumlah } X^2 = -8,33774^2 = 69,5179$$

$$\text{Jumlah } Y^2 = -7,485044506^2 = 56,0259$$

Tabel 4.23 Tabel Perhitungan Parameter dari Distribusi *Mean Time to Repair*

i	ti (Jam)	i-0,3	N+0,4	F(ti)	Xi=ln(ti)	Yi=ln[ln(1/(1-F(ti)))]	Xi^2	Xi*Yi	Yi^2
1	0,250	0,7	14,4	0,0486	-1,3863	-2,99909	1,921812	4,157622153	8,994543
2	0,250	1,7	14,4	0,1181	-1,3863	-2,07444	1,921812	2,875790496	4,303319
3	0,417	2,7	14,4	0,1875	-0,8755	-1,57195	0,766446	1,376195294	2,471035
4	0,500	3,7	14,4	0,2569	-0,6931	-1,21408	0,480453	0,841532973	1,473979
5	0,500	4,7	14,4	0,3264	-0,6931	-0,92861	0,480453	0,643663755	0,862317
6	0,500	5,7	14,4	0,3958	-0,6931	-0,68537	0,480453	0,475060316	0,469728
7	0,583	6,7	14,4	0,4653	-0,5390	-0,46839	0,290517	0,252461823	0,219391
8	0,583	7,7	14,4	0,5347	-0,5390	-0,26772	0,290517	0,144301063	0,071675
Total	8,333				-8,3377	-7,48504	7,285025	10,54351606	21,04489
								Jumlah X^2	69,51791
								Jumlah Y^2	56,02589
								r	0,97091

1. a (scale parameter)

$$a = \frac{\sum y_i}{n} - \frac{b \sum x_i}{n}$$

$$a = \frac{-7,48504}{8} - \frac{2,624 * -8,33774}{8}$$

$$a = 1,028$$

$$\theta = \exp^{-a/\beta}$$

$$\theta = \exp^{-1,028/2,624}$$

$$\theta = 0,67$$

2. β (shape parameter)

$$\beta = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i) (\sum y_i)}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$\beta = \frac{8 * 10,54352 - (-8,33774 * -7,48504)}{8 * 7,285025 - (69,51791)} = 2,624$$

4.3.13 Penentuan Nilai Tengah dari Distribusi Data Waktu Antar Perbaikan (*Mean Time to Repair*)

Menghitung nilai MTTR yang sesuai dengan distribusi normal terhadap data *time to repair* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{MTTR} &= \theta \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \\
 &= 0,67 * \Gamma \left(1 + \frac{1}{2,624} \right) \\
 &= 0,67 * \Gamma(1,38) \rightarrow \text{tabel fungsi gamma} \\
 &= 0,67 * 0,88854 \\
 &= 0,5963 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

4.3.14 Perhitungan Interval Waktu Penggantian dan Pencegahan untuk Meminimalkan Biaya

Perhitungan interval waktu penggantian minimasi biaya perawatan membutuhkan data – data yang telah dihitung sebagai berikut :

- 1) Data waktu kerusakan MTTF berdistribusi *weibull* yaitu 727,35 jam
- 2) Waktu rata – rata penggantian kerusakan (Tf) adalah 0,60 jam dan waktu penggantian (Tp) adalah 0,5953jam
- 3) Harga komponen Kegel adalah Rp. 350.000,-
- 4) Upah tenaga kerja per jam:
 - = Upah per bulan / (Jumlah hari perbulan x Jumlah jam kerja perhari)
 - = Rp.1.500.000,- / (25 x 8 jam)
 - = Rp. 7500,-
- 5) Biaya kehilangan produksi/jam
 - = 180 produk/jam x \$ 26,00 → Rp. 364.262,02
 - = Rp. 62.327.163,6/jam
 - *keterangan : \$ 1,00 = Rp.13.317,77
- 6) Biaya kehilangan produksi per penggantian kerusakan komponen
 - = Waktu penggantian kerusakan (Tf) x jumlah Biaya kehilangan produksi/jam
 - = 0,60 x Rp. 62.327.163,6/jam
 - = Rp. 37.396.298,16
- 7) Biaya kehilangan produksi akibat pencegahan
 - = Waktu penggantian (Tp) x jumlah Biaya kehilangan produksi/jam

$$= 0,5953 \times \text{Rp. } 62.327.163,6/\text{jam}$$

$$= \text{Rp. } 37.103.360,49$$

8) Data *Cost of Failure* (Cf) dan *Cost of Preventive/Repair* (Cp)

a. *Cost of Failure* (Cf)

$$\begin{aligned} \text{Cf} &= (\text{Jumlah tenaga kerja} \times \text{biaya tenaga kerja}) + \text{Biaya komponen} + \\ &\text{Biaya kehilangan Produksi Akibat Penggantian Kerusakan} \\ &= (2 \times \text{Rp. } 7.500,-) + \text{Rp. } 350.000,- + \text{Rp. } 37.396.298,16 \\ &= \text{Rp. } 37.761.298,16 \end{aligned}$$

b. *Cost of Preventive/Repair* (Cp)

$$\begin{aligned} \text{Cp} &= (\text{Jumlah tenaga kerja} \times \text{biaya tenaga kerja}) + \text{Biaya komponen} + \\ &\text{Biaya kehilangan Produksi Akibat Penggantian Kerusakan} \\ &= (2 \times \text{Rp. } 7.500,-) + \text{Rp. } 350.000,- + \text{Rp. } 37.358.901,86 \\ &= \text{Rp. } 37.153.360,49 \end{aligned}$$

Setelah data – data tersebut dikumpulkan, maka langkah selanjtnya adalah melakukan perhitungan interval waktu penggantian dan biayanya. Hasilnya dilihat pada Tabel 4.27

Tabel 4.24 Perhitungan Interval Waktu Penggantian Komponen Kegel

tp (jam)	R(tp)	F(tp)=1- R(tp)	(tp+Tp)R(tp)	M(tp)= MTTF/(1- R(tp))	(M(tp)+Tf)*(1- R(tp))	(Cp*R(tp))+Cf(1- R(tp))	C(tp)
1	0,850	0,150	0,239	4864,218	727,4397	37244265,84	27451743,1
25	0,821	0,179	4,592	4053,912	727,4577	37262436,23	1774874,9
50	0,791	0,209	10,597	3472,885	727,4757	37280685,02	932773,0
75	0,762	0,238	18,019	3051,525	727,4930	37298266,24	648529,0
100	0,734	0,266	26,780	2732,161	727,5097	37315204,34	506250,6
125	0,707	0,293	36,807	2481,913	727,5258	37331522,82	421182,9
150	0,681	0,319	48,028	2280,661	727,5414	37347244,36	364851,6
175	0,656	0,344	60,376	2115,404	727,5563	37362390,79	324999,0
200	0,632	0,368	73,787	1977,364	727,5707	37376983,15	295478,5
225	0,609	0,391	88,199	1860,406	727,5846	37391041,72	272868,6
250	0,587	0,413	103,557	1760,106	727,5979	37404586,01	255113,5
275	0,565	0,435	119,803	1673,199	727,6108	37417634,83	240904,0
300	0,545	0,455	136,887	1597,219	727,6232	37430206,32	229366,8
325	0,525	0,475	154,758	1530,272	727,6352	37442317,94	219897,0
350	0,505	0,495	173,370	1470,876	727,6467	37453986,50	212062,9
375	0,487	0,513	192,678	1417,856	727,6578	37465228,22	205547,9
400	0,469	0,531	212,639	1370,269	727,6685	37476058,70	200115,0
425	0,452	0,548	233,214	1327,350	727,6788	37486493,00	195582,9
450	0,435	0,565	254,364	1288,469	727,6887	37496545,60	191811,3
525	0,389	0,611	320,914	1191,260	727,7163	37524550,32	184059,2
550	0,375	0,625	344,022	1164,099	727,7249	37533210,76	182421,9
575	0,361	0,639	367,542	1139,079	727,7331	37541554,38	181169,7
600	0,348	0,652	391,447	1115,970	727,7411	37549592,79	180263,3
625	0,335	0,665	415,710	1094,577	727,7487	37557337,15	179670,1
650	0,323	0,677	440,307	1074,728	727,7561	37564798,21	179362,8
675	0,311	0,689	465,215	1056,274	727,7632	37571986,35	179318,5
700	0,300	0,700	490,411	1039,084	727,7700	37578911,53	179517,7
725	0,289	0,711	515,873	1023,045	727,7766	37585583,38	179944,1
726	0,289	0,711	516,897	1022,426	727,7768	37585845,12	179965,7
727,351	0,288	0,712	518,281	1021,592	727,7772	37586198,11	179995,4
728	0,288	0,712	518,946	1021,193	727,7774	37586367,43	180009,9
729	0,287	0,713	519,971	1020,578	727,7776	37586628,00	180032,5
730	0,287	0,713	520,996	1019,966	727,7779	37586888,18	180055,4
740	0,283	0,717	531,271	1013,930	727,7804	37589468,77	180303,2

tp (jam)	R(tp)	F(tp)=1- R(tp)	(tp+Tp)R(tp)	M(tp)= MTTF/(1- R(tp))	(M(tp)+Tf)*(1- R(tp))	(Cp*R(tp))+Cf(1- R(tp))	C(tp)
741	0,282	0,718	532,301	1013,336	727,7807	37589724,72	180329,8
742	0,282	0,718	533,331	1012,743	727,7809	37589980,29	180356,7
743	0,281	0,719	534,361	1012,151	727,7812	37590235,47	180384,0
744	0,281	0,719	535,392	1011,561	727,7814	37590490,28	180411,6
745	0,281	0,719	536,423	1010,973	727,7817	37590744,71	180439,5
750	0,278	0,722	541,584	1008,054	727,7829	37592011,18	180583,9
775	0,268	0,732	567,523	994,021	727,7890	37598203,83	181425,3
800	0,258	0,742	593,673	980,866	727,7949	37604169,96	182458,3

Melakukan perhitungan interval waktu pergantian komponen dan biayanya. Berikut adalah contoh perhitungan untuk $t_p = 675$ jam:

$$1. \mathbf{R}(t_p) = \exp \left[\left(-\frac{t}{\theta} \right) \beta \right] = \exp \left(-\frac{675}{670,8404} \right) 0,851738 = 0,311$$

Parameter distribusi *Weibull*:

$$\theta \text{ (scale parameter)} = 670,8404$$

$$\beta \text{ (shape parameter)} = 0,851738$$

$$2. \mathbf{F}(t_p) = 1 - R(t_p) = 1 - 0,311 = 0,689$$

$$3. \mathbf{(t_p + T_p) \times R}(t_p) = (675 \text{ jam} + 0,5953) \times 0,311 = 465,213$$

$$4. \mathbf{M}(t_p) = \frac{\mathbf{MTTF}}{1 - R(t_p)} = \frac{727,351}{1 - 0,31140004} = 1056,274$$

5. Ekspetasi panjang siklus kerusakan

$$= \mathbf{(M}(t_p) + \mathbf{Tf}) \times \mathbf{(1 - R}(t_p))$$

$$= (1056,274 + 0,60) \times (1 - 0,31140004)$$

$$= 727,7632$$

$$6. \mathbf{(C_p \times R}(t_p)) + \mathbf{Cf(1 - R}(t_p)) = (37.153.360,49 \times 0,31140004) + 37.761.298,16(1 - 0,31140004) = 37.571.186,35$$

$$7. \mathbf{C}(t_p) = \frac{\mathbf{(C_p \times R}(t_p)) + \mathbf{Cf \times (1 - R}(t_p))}{\mathbf{[(t_p + T_p) \times R}(t_p)] + \mathbf{[(M}(t_p) + \mathbf{Tf}) \times \mathbf{(1 - R}(t_p))]}$$

$$\mathbf{C}(650) = \frac{\mathbf{(Rp.37.153.360,49 \times 0,31140004) + Rp.37.761.298,16 \times (1 - 0,31140004)}}{\mathbf{[(675 + 0,5953) \times 0,31140004] + \mathbf{[1056,274 + 0,60] \times (1 - 0,31140004)}}$$

$$= \text{Rp. 179.318,5/jam}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh bahwa $C(t_p)$ yang paling minimum adalah Rp. 179.318,5/jam. Sehingga interval waktu penggantian pencegahan komponen

Kegel dengan kriteria biaya yang paling minimum adalah 675 jam seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.28 :

Tabel 4.25 Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis Mesin Molding

Komponen	Interval Waktu Penggantian (jam)	C(tp)Minimum
Kegel	675	Rp. 179.318,5

4.3.15 Perbandingan Biaya Sebelum dan Sesudah Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen

Membandingkan biaya total sebelum dan biaya total sesudah dilakukan penentuan interval waktu penggantian komponen. Perhitungan dilakukan sebagai berikut :

- C(t) sebelum interval waktu penggantian = jumlah penggantian komponen x Cf
(*Cost Failure*)
- C(t) sebelum interval waktu penggantian = 8 x Rp. 37.761.298,16
= Rp. 302.090.385
- C(t) sesudah interval waktu penggantian = biaya pergantian per satuan waktu x
jumlah satuan waktu kerja
=Rp. 179.318,5 x 364,83 (Jam)
=Rp. 65.415.206

*keterangan: jumlah satuan waktu kerja = 3 bulan x 30 hari x 24 jam = 364,83 jam

Perbandingan dari hasil perhitungan C(t) biaya sebelum dan sesudah interval waktu penggantian komponen Kegel dan perolehan besarnya penghematan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.26 Tabel Perbandingan Penggantian Sebelum dan Sesudah Penentuan Interval Waktu

Mesin	Komponen	Biaya Penggantian		Penghematan	%
		Sebelum	Sesudah		
Molding	Kegel	Rp. 302.090.385	Rp. 65.415.206	Rp 236.675,179	26,73%

4.3.16 Perbandingan *Reliability* Sebelum dan Sesudah Penentuan Interval Waktu Penggantian Komponen

Perawatan pencegahan dapat dilakukan untuk meningkatkan keandalan suatu mesin atau komponen sehingga dapat mengetahui umur optimal pada suatu mesin/komponen. Maka rumus yang digunakan adalah dengan menggunakan *failure time* dari komponen yang berdistribusi *weibull*:

- a. Reliability kondisi sebelum interval waktu penggantian

Reliability kondisi rill adalah kondisi awal pada saat belum diterapkan penggantian atau pencegahan. Rumus yang digunakan adalah:

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

- b. Reliability kondisi sesudah interval waktu penggantian

Reliability kondisi usulan adalah kondisi dimana telah diterapkannya usulan penggantian pencegahan. Rumus yang digunakan adalah:

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

Diketahui :

n : Jumlah perawatan pencegahan yang telah dilakukan saat ini

T : interval waktu perawatan pencegahan

$R(t-nT)$: probabilitas keandalan untuk waktu $t - nT$ dari perawatan preventive terakhir.

Contoh perhitungan:

$t = 675$ jam, maka:

$$n = 1$$

$$\begin{aligned} \mathbf{R(t)} &= \exp\left[-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta\right] \\ &= \exp\left[-\left(\frac{675}{670,8404}\right)^{0,851738}\right] \\ &= 0,424425 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{R(t - nT)} &= \exp\left[-\left(\frac{t-nT}{\theta}\right)^\beta\right] \\ &= \exp\left[-\left(\frac{675-1*675}{670,8404}\right)^{0,851738}\right] \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\mathbf{R(t)^n} = 0,424425^1 = 0,365943$$

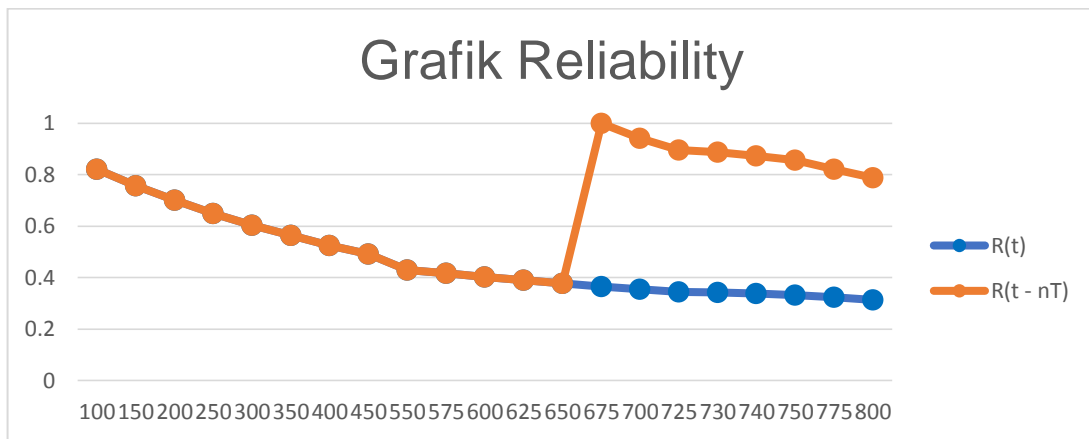
$$R_m(t) = R(t)$$

$$R_m(t) = 0,424425$$

Maka perhitungan selanjutnya dengan nilai (t) yang berbeda dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.27 Perhitungan Keandalan Sebelum dan Sesudah Interval Penggantian Pencegahan Komponen Kegel

t (jam)	N	R(t)	R(t-nT)	R(T)^n	Rm(t)
100	0	0,820642	0,820642	1	0,820642
150	0	0,756386	0,756386	1	0,756386
200	0	0,699964	0,699964	1	0,699964
250	0	0,649601	0,649601	1	0,649601
300	0	0,604187	0,604187	1	0,604187
350	0	0,562949	0,562949	1	0,562949
400	0	0,525305	0,525305	1	0,525305
450	0	0,490804	0,490804	1	0,490804
550	0	0,429829	0,429829	1	0,429829
575	0	0,41605	0,416050	1	0,41605
600	0	0,402797	0,402797	1	0,402797
625	0	0,390044	0,390044	1	0,390044
650	0	0,377767	0,377767	1	0,377767
675	1	0,365943	1	0,365943	0,365943
700	1	0,35455	0,941112	0,35455	0,35455
725	1	0,34357	0,896254	0,34357	0,34357
730	1	0,341422	0,887991	0,341422	0,341422
740	1	0,337172	0,872007	0,337172	0,337172
750	1	0,332983	0,856662	0,332983	0,332983
775	1	0,322772	0,820642	0,322772	0,322772
800	1	0,312921	0,787380	0,312921	0,312921



Gambar 4.7 Grafik *Reliability* Kondisi Sebelum dan Sesudah Interval Waktu Penggantian Komponen Kegel pada Mesin Molding

Keterangan :

R(t) = Kondisi Sebelum Interval Waktu Penggantian

R(t - nT) = Kondisi Sesudah Interval Waktu Penggantian