

## PREVENTIVE MAINTENANCE MESIN FBB CAN BODY MAKER DENGAN METODE RCM DI PT IMCP

**Joan Deva Putra Mahendra**

S1 Teknik Mesin Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : [joan.18033@mhs.unesa.ac.id](mailto:joan.18033@mhs.unesa.ac.id)

**Iskandar**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : [iskandar@unesa.ac.id](mailto:iskandar@unesa.ac.id)

### Abstrak

Semakin meningkatnya kapasitas produksi maka semakin tinggi pula kebutuhan perawatan mesin FBB Can Body Maker line 1, line 2, dan line 3 di PT. IMCP. Penelitian ini bertujuan menentukan keandalan (*reliability*) komponen, menentukan interval waktu perawatan komponen, dan tindakan perawatan yang dilakukan untuk mengurangi terjadinya kerusakan tiga komponen dengan RPN tertinggi pada mesin FBB Can Body Maker dengan persentase downtime tertinggi. Penelitian ini menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk kegiatan perawatan mesin, dan *Failure Modes and Effect Analyze* (FMEA) untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan tertinggi pada setiap kerusakan mesin yang terjadi dengan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). Dari hasil analisis dan perhitungan dapat diperoleh nilai keandalan komponen (*reliability*) mesin dengan persentase downtime tertinggi yaitu FBB Can Body Maker line 1 pada tiga komponen dengan RPN tertinggi yaitu dok *magazine* dengan RPN 141 memiliki keandalan 36.58 %, komponen *welding* dengan RPN 130 memiliki keandalan 31.74 %, dan komponen *forming* dengan RPN 126 memiliki keandalan 23.5 %. Usulan interval waktu perawatan komponen dengan keandalan 60% pada komponen dok *magazine* memiliki interval waktu perawatan 53.81 jam, komponen *welding* memiliki interval waktu perawatan 33.2 jam, dan komponen *forming* memiliki interval waktu perawatan 37.25 jam. Serta tindakan perawatan yang tepat pada komponen dok *magazine* dilakukan tindakan *scheduled restoration task* dan *scheduled discard task*, pada komponen *welding* dilakukan tindakan *scheduled discard task*, dan pada komponen *forming* dilakukan tindakan *scheduled discard task*.

**Kata Kunci**— RCM; FMEA; Keandalan (*Reliability*).

### Abstract

The higher the production capacity, the higher the need for maintenance of the FBB Can Body Maker line 1, line 2, and line 3 machines at PT. IMCP. This study aims to determine the reliability of components, determine component maintenance time intervals, and maintenance actions taken to reduce the occurrence of damage to three components with the highest RPN on the FBB Can Body Maker machine with the highest percentage of downtime. This study uses the *Reliability Centered Maintenance* (RCM) method to determine what to do for machine maintenance activities, and *Failure Modes and Effects Analyze* (FMEA) to identify the highest form of failure for each machine breakdown that occurs by calculating the *Risk Priority Number* (RPN). From the analysis and calculation results, it can be obtained that the reliability of the engine components with the highest percentage of downtime, namely FBB Can Body Maker line 1 on three components with the highest RPN, namely the magazine dock with RPN 141 has a reliability of 36.58%, welding components with RPN 130 have a reliability of 31.74 %, and forming components with RPN 126 have a reliability of 23.5%. The proposed maintenance time interval for components with 60% reliability on magazine dock components has a maintenance time interval of 53.81 hours, welding components has a maintenance time interval of 33.2 hours, and forming components has a maintenance time interval of 37.25 hours. As well as proper maintenance actions on the magazine dock components, *scheduled restoration tasks* and *scheduled discard tasks* are performed, on welding components *scheduled discard tasks* are performed, and on forming components *scheduled discard tasks* are performed.

**Keyword**— RCM; FMEA; Reliability.

Untuk mengatasi masalah tersebut digunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk kegiatan perawatan mesin, dan *Failure Modes and Effect Analyze* (FMEA) untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan tertinggi pada setiap kerusakan mesin yang terjadi dengan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN), selanjutnya dapat diketahui keandalan (*reliability*) komponen, interval waktu perawatan mesin yang tepat dan efektif

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

**Distribusi Lognormal**

$$xi = \ln ti$$

$$F(ti) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4}$$

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

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

**Distribusi Weibull**

$$xi = \ln ti$$

$$F(ti) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4}$$

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

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

Setelah itu dilakukan pengujian *goodness of fit test* untuk *time to failure* (TTF) dan *time to repair* (TTR) sehingga dapat dipastikan kesesuaian datanya, untuk distribusi eksponensial digunakan *Anderson Darling Test*, untuk distribusi lognormal digunakan *Kolmogorov Smirnov Test*, dan distribusi weibull digunakan *Mann's Whitney test* dengan  $\alpha = 0.05$ . Jika kesesuaian data distribusi diperoleh maka dilakukan perhitungan perhitungan parameter *mean time to failure* (MTTF) dan *mean time to repair* (MTTR) sebagai berikut :

**Distribusi Eksponensial**

Laju kegagalan ( $\lambda$ ), MTBF ( $\theta$ ), Frekuensi distribusi untuk PDF ( $f(t)$ ), Frekuensi distribusi untuk CDF ( $F(t)$ ).

$$\lambda = \frac{1}{\theta} = \frac{1}{MTBF} \text{ atau } \lambda(t) = \frac{f(t)}{F(t)}$$

**Distribusi Lognormal**

Intersep (a), gradient (b), parameter bentuk (s), dan parameter lokasi (tmed).

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n xiyi - (\sum_{i=1}^n xi)(\sum_{i=1}^n yi)}{n \sum_{i=1}^n xi^2 - (\sum_{i=1}^n xi)^2}$$

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

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

**Distribusi Weibull**

Intersep (a), gradient (b), parameter bentuk ( $\beta$ ), dan parameter skala ( $\theta$ )

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n xiyi - (\sum_{i=1}^n xi)(\sum_{i=1}^n yi)}{n \sum_{i=1}^n xi^2 - (\sum_{i=1}^n xi)^2}$$

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

$$\beta = b$$

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

Jika parameter MTTF dan MTTR sudah didapatkan selanjutnya dapat dilakukan perhitungan *mean time to failure* (MTTF) dan *mean time to repair* (MTTR) dengan rumus sebagai berikut :

**Distribusi Eksponensial**

$$MTTF \text{ \& } MTTR = \frac{1}{\lambda}$$

**Distribusi Lognormal**

$$MTTF \text{ \& } MTTR = t_{med} \times e^{s^2/2}$$

**Distribusi Weibull**

$$MTTF \text{ \& } MTTR = \theta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

Selanjutnya perhitungan keandalan (*reliability*) komponen dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

**Distribusi Eksponensial**

$$R(t) = e^{(-\lambda t)}$$

**Distribusi Lognormal**

$$R(t) = 1 - \Phi \left[ \frac{1}{s} \ln \left( \frac{t}{t_{med}} \right) \right]$$

**Distribusi Weibull**

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

Perhitungan usulan interval perawatan komponen yang optimal dilakukan dengan bantuan tabel hubungan keandalan (*reliability*) dengan interval perawatan komponen. Dan penentuan kegiatan perawatan yang optimal dilakukan dengan hasil analisa RCM *Decision Worksheet*.

**HASIL DAN PEMBAHASAN****Persentase Downtime Mesin FBB Can Body Maker**

Dari analisa data perusahaan didapatkan hasil persentase downtime mesin FBB Can Body Maker line 1, line 2, dan line 3 sebagai berikut :

**Tabel 3** Persentase downtime FBB Can Body Maker Line 1, Line 2, dan Line 3

|             | FBB LINE 1 |                | FBB LINE 2  |                | FBB LINE 3  |                |
|-------------|------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
|             | UP Time    | Breakdown Time | UP Time     | Breakdown Time | UP Time     | Breakdown Time |
| Januari     | 202.5      | 19.3           | 567         | 14.4           | 555         | 21.1           |
| Februari    | 88         | 1.1            | 591         | 17             | 591         | 11.4           |
| Maret       | 112        | 2.8            | 667         | 23             | 633         | 15.4           |
| April       | 355.5      | 13.8           | 665.9       | 26.1           | 684.9       | 10.6           |
| Mei         | 554        | 37.2           | 683         | 29.2           | 683         | 19.3           |
| Juni        | 519        | 21.3           | 718         | 31             | 714         | 29.3           |
| Juli        | 82         | 2.4            | 413         | 22.3           | 506         | 15.2           |
| Agustus     | 129        | 1.4            | 677         | 32.1           | 653         | 25.5           |
| TOTAL       | 2042       | 99.3           | 4981.9      | 195.1          | 5019.9      | 147.8          |
| % Breakdown | 4.86287953 |                | 3.916176559 |                | 2.944281759 |                |

Didapatkan hasil persentase downtime tertinggi pada mesin FBB *Can Body Maker Line 1* dengan hasil 4.86 %. Selanjutnya dilakukan analisa dan perhitungan *risk priority number* (RPN) dengan tabel FMEA pada mesin FBB *Can Body Maker Line 1* sebagai berikut :

**Tabel 4** FMEA Worksheet FBB Can Body Maker line 1

| FMEA Worksheet |                                                                                    | SISTEM                                                                                     |                                                                                               | -FBM Can Body Maker                         |                                                                                            | Sev(5)                     | Potential Cause Of Failure (Cof)                                                    | Con(C)                     | Current Controls | Dw(10)    | RPN       |     |  |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------|-----------|-----------|-----|--|
| Part/Proses    | Function                                                                           | Potential Failure Mode                                                                     | Potential Effect Of Failure (Eof)                                                             | SUB SISTEM                                  | -FBM CEM Line 1                                                                            |                            |                                                                                     |                            |                  |           |           |     |  |
| Conveyor       | Memindahkan barang untuk proses penyambungan (pengelasan)                          | Motor mati                                                                                 | Conveyor tidak bergerak                                                                       | 10                                          | Kumpasan motor putus (terbakar)                                                            | 1                          | Pengontrol motor conveyor secara berkala                                            | 3                          | 30               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    | Bearing macet                                                                              | Roll conveyor tidak dapat berputar dengan baik                                                | 3                                           | Pelumasan kurang sempurna dan bearing aus                                                  | 1                          | Pengontrol bearing roll conveyor secara rutin dan pelumasan                         | 3                          | 13               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    | Roda gigi conveyor gear                                                                    | Putusan roll conveyor beresendat                                                              | 3                                           | Roda gigi bergeser karena aus                                                              | 1                          | Pengontrol roda gigi pada bearing roll secara berkala                               | 2                          | 10               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    | Rantai conveyor aus dan longer                                                             | Putusan roll conveyor tidak sempurna                                                          | 3                                           | Usia pakai rantai sudah habis                                                              | 1                          | Pengontrol kondisi rantai secara berkala                                            | 3                          | 13               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    | Belt conveyor aus                                                                          | Belt conveyor selip                                                                           | 4                                           | Usa pakai,keist belt conveyer sudah habis                                                  | 1                          | Mengontrol kondisi belt conveyor                                                    | 3                          |                  |           |           |     |  |
|                |                                                                                    |                                                                                            |                                                                                               |                                             |                                                                                            |                            |                                                                                     |                            |                  | TOTAL RPN | 88        |     |  |
| Forming        | Memotong Plat menjadi standar sebelum dilakukan penyambungan (pengelasan)          | Bearing macet                                                                              | Roll forming temendat (tidak lurus)                                                           | 4                                           | Usia pakai bearing habis (aus)                                                             | 1                          | Pengontrol bearing roll forming secara rutin dan pelumasan                          | 3                          | 30               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    | Belt roll forming aus dan putus                                                            | Roll forming selip                                                                            | 8                                           | Usia pakai belt forming habis                                                              | 3                          | Mengontrol kondisi belt roll forming                                                | 3                          | 72               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    | Pushing roller aus                                                                         | Putusan roller beresendat                                                                     | 3                                           | Pelumasan kurang dan usia pakai sudah habis                                                | 1                          | Pengontrol roller tekanan buching secara berkala                                    | 4                          | 12               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    | Roll forming aus                                                                           | Pembungkakan plat silinder tidak sempurna                                                     | 3                                           | Tepi peralihan dimensi roll forming                                                        | 1                          | Mengontrol kondisi roll forming secara rutin                                        | 4                          | 12               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    |                                                                                            |                                                                                               |                                             |                                                                                            |                            |                                                                                     |                            |                  | TOTAL RPN | 126       |     |  |
| Slitter        | Memotong lembaran plat sesuai ukuran kaleng                                        | Pisau slitter tumpul                                                                       | Pemotongan plat tidak sempurna                                                                | 4                                           | Usia pemakaian sudah habis                                                                 | 1                          | Mengontrol pisau slitter dan penggantian pisau slitter                              | 4                          | 32               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    | Salang pneumatic robotic slitter terakut                                                   | Udakan pneumatic mekan bocor                                                                  | 4                                           | Salang terakut dan klem longgar                                                            | 1                          | Memeriksa posisi salang dan mengencangkan klem                                      | 3                          | 18               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    |                                                                                            |                                                                                               |                                             |                                                                                            |                            |                                                                                     |                            |                  | TOTAL RPN | 50        |     |  |
| OSS            | Memberikan pelapis (coating) pada permukaan kaleng setelah di las pada bagian luar | Roll OSS aus tidak dapat melapisi kaleng dengan baik                                       | Pemakaian idling bagian luar tidak dapat terlapisi seal dengan baik                           | 4                                           | Roll OSS aus karena bergesekan secara kontinu dengan kaleng (usia pemakaian habis)         | 1                          | Mengontrol kondisi roll OSS secara rutin                                            | 4                          | 32               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    | Belt roll OSS aus                                                                          | Roll OSS sering terjadi selip dan proses pelapisan tidak sempurna (kaleng saling bertabrakan) | 4                                           | Usia pemakaian belt sudah habis (belt bekap, kempa lebih dan belahang distartasi)          | 1                          | Pengontrol klemfili belt secara berkala                                             | 3                          | 24               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    |                                                                                            |                                                                                               |                                             |                                                                                            |                            |                                                                                     |                            |                  | TOTAL RPN | 56        |     |  |
| Welding        | Menyambung (welding) lembaran plat yang sesuai kaleng menjadi badan kaleng         | Welding roll bergeser                                                                      | Posisi pengelasan (penyambungan) plat tidak sempurna pada tempat sambungan                    | 3                                           | Akhir gosokan secara kontinu welding roll dengan kaleng dan getaran yang ditimbulkan mesin | 1                          | Mengontrol kondisi welding roll secara rutin                                        | 4                          | 20               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    | Over temperature cooling water                                                             | Pendinginan welding roll kurang maksimal                                                      | 5                                           | Kinerja welding roll tanpa henti (proses siklusasi kurang cepat)                           | 1                          | Pengontrol kondisi sistem cooling water secara berkala                              | 5                          | 25               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    | Selang saluran pendingin bocor                                                             | Cooling water mubas dan volume berkurang                                                      | 4                                           | Klem saluran pendingin longgar (rusak)                                                     | 1                          | Penggantian klem saluran pendingin (cooling water)                                  | 4                          | 16               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    | Isolasi roll filler aus                                                                    | Filler ber aus berpotensi korosi dengan roll filler                                           | 8                                           | Gosokan secara terus menerus filler dengan roll filler                                     | 2                          | Pengantian isolasi roll filler dan mengontrol kondisi isolasi filler secara rutin   | 3                          | 48               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    | Selang filter tandon cooling water aus (usang)                                             | Selang berpotensi bocor                                                                       | 3                                           | Usia pemakaian selang sudah habis (bagian dalam sudah berkarat)                            | 1                          | Pengantian selang dan pengepakan kondisi selang secara berkala                      | 3                          | 9                |           |           |     |  |
|                |                                                                                    | Bearing roll filler macet                                                                  | Roll filler tidak dapat berputar dengan lancar                                                | 3                                           | Usa pemakaian bearing habis (aus) dan kurangnya pelumasan                                  | 1                          | Penggantian bearing dan pengepakan bearing roll filler secara berkala               | 4                          | 12               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    |                                                                                            |                                                                                               |                                             |                                                                                            |                            |                                                                                     |                            |                  |           | TOTAL RPN | 130 |  |
|                | ISP                                                                                | Memberikan pelapis pada permukaan kaleng setelah di las pada bagian dalam (powder coating) | Teflon arm ISP aus                                                                            | Posisi penempatan perkatkan powder bergeser | 7                                                                                          | Usia pemakaian telah habis | 1                                                                                   | Penggantian Teflon arm ISP | 4                | 28        |           |     |  |
|                |                                                                                    | Selang tandon powder ISP berkarat                                                          | Proses distribusi powder terhambat (tidak lancar)                                             | 3                                           | Selang kotor dan berkarat (usia pemakaian sudah habis)                                     | 1                          | Penggantian selang tandon powder ISP dan pengepakan kondisi selang secara berkala   | 4                          | 12               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    | Filter powder rusak (kotor)                                                                | Powder pelapis tidak dapat di filter dengan baik (rentas bercampur zat lain)                  | 3                                           | Usia pemakaian sudah habis (perlu dilakukan penggantian)                                   | 1                          | Penggantian filter powder ISP dan mengontrol kondisi filter secara berkala          | 4                          | 12               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    | Reflektor powder rusak                                                                     | Powder tidak dapat memexpd dengan baik                                                        | 3                                           | Reflektor rusak aus                                                                        | 1                          | Penggantian reflektor powder dan pengepakan kondisi reflektor powder secara berkala | 4                          | 12               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    | Selang splash powder rusak                                                                 | Tidak dapat menyempurkan powder dengan baik                                                   | 8                                           | Usia pemakaian sudah habis dan gosokan terus menerus dengan powder                         | 1                          | Penggantian selang splash powder dan pengepakan kondisi selang secara berkala       | 3                          | 24               |           |           |     |  |
|                |                                                                                    |                                                                                            |                                                                                               |                                             |                                                                                            |                            |                                                                                     |                            |                  | TOTAL RPN |           |     |  |

[illegible]

Setelah dilakukan analisa FMEA maka didapatkan tiga komponen dengan RPN tertinggi yaitu Dok *Magazine*, *Welding*, dan *Forming*. Dimana tiga komponen tersebut dilakukan analisa dengan RCM *Decision Worksheet* sebagai berikut :

**Tabel 5 RCM Decision Worksheet FBB CBM Line 1**

| CM                       | Sistem | : HBB CAN RODY MAKER        |   |   |   |   |                |   |   |   |    | Initial<br>Interst<br>(jam) | Proposed Task | Initial<br>Interst<br>(jam) | Gant Date By |    |  |                                                                                                                                      |                     |
|--------------------------|--------|-----------------------------|---|---|---|---|----------------|---|---|---|----|-----------------------------|---------------|-----------------------------|--------------|----|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|                          |        | Sub Sistem : HBB CML/ L/ H1 |   |   |   |   | H2             |   |   |   |    |                             |               |                             |              |    |  |                                                                                                                                      |                     |
|                          |        | Consequence Evaluation      |   |   |   |   | Default Action |   |   |   |    |                             |               |                             |              |    |  |                                                                                                                                      |                     |
| Information<br>reference | F      | E                           | F | F | R | H | S              | E | O | N | H3 | S2                          | S3            | O3                          | H5           | S4 |  |                                                                                                                                      |                     |
|                          | 1      | A                           | 1 | 1 | 1 | Y | Y              | Y | Y | Y | T  | Y                           | T             | Y                           | T            |    |  | sekalad es-tanion isk. Tindakan perbaikan pengencangan baut roller dan penggantian posisi roller pada semua pada saat komponen rusak | Mekanik Maintenance |
|                          | 1      | B                           | 1 | Y | T | T | T              | T | Y | T | T  | Y                           | T             | T                           |              |    |  | sekalad es on/offline isk. Tindakan perawatan rutin berupa pemutusan busbar gis-kidder                                               | Mekanik Maintenance |
|                          | 1      | C                           | 1 | T | Y | T | T              | T | Y | T | T  | Y                           | T             | T                           |              |    |  | sekalad discant isk. Tindakan penggantian selang vacuum                                                                              | Mekanik Maintenance |
|                          | 1      | D                           | 1 | T | T | T | T              | T | Y | T | Y  | T                           | Y             | T                           |              |    |  | sekalad es-rotion isk. Tindakan pengetingan ulang robot                                                                              | Mekanik Maintenance |
|                          | 1      | E                           | 1 | T | T | T | T              | T | Y | T | Y  | T                           | Y             | T                           |              |    |  | sistem pemindahan plat ke magazine                                                                                                   | Mekanik Maintenance |
|                          | 1      | F                           | 1 | T | T | T | Y              | T | Y | T | Y  | T                           | Y             | T                           |              |    |  | sekalad discant isk. Tindakan penggantian dok pendukung                                                                              | Mekanik Maintenance |
|                          | 1      | F                           | 1 | T | T | T | Y              | T | Y | T | Y  | T                           | Y             | T                           |              |    |  | sekalad es-rotion isk. Tindakan perbaikan pemasangan pengunci ingkubtor dok                                                          | Mekanik Maintenance |
|                          | 1      | G                           | 1 | T | T | Y | T              | Y | T | Y | T  | Y                           | T             | Y                           |              |    |  | sekalad discant isk. Tindakan penggantian magazine belt vacuum                                                                       | Mekanik Maintenance |
|                          | 1      | H                           | 1 | T | T | T | Y              | Y | Y | Y | T  | Y                           | T             | T                           |              |    |  | sekalad es on/offline isk. Tindakan perawatan rutin berupa pemutusan elektrik                                                        | Mekanik Maintenance |
|                          | 2      | A                           | 1 | T | T | Y | T              | Y | T | Y | T  | Y                           | T             | Y                           |              |    |  | sekalad es-rotion isk. Tindakan perbaikan dengan penggantian posisi setting rol                                                      | Mekanik Maintenance |
|                          | 2      | B                           | 1 | Y | T | T | T              | T | T | Y | T  | Y                           | T             | Y                           |              |    |  | sekalad discant isk. Tindakan penggantian cooling water                                                                              | Mekanik Maintenance |
|                          | 2      | C                           | 1 | Y | T | Y | T              | T | T | Y | T  | Y                           | T             | Y                           |              |    |  | sekalad es-rotion isk. Tindakan perbaikan sambungan oving under dengan pengencangan klem                                             | Mekanik Maintenance |
|                          | 2      | D                           | 1 | T | Y | T | T              | T | T | Y | T  | Y                           | T             | Y                           |              |    |  | sekalad discant isk. Tindakan penggantian isolasi rol/filler                                                                         | Mekanik Maintenance |
|                          | 2      | E                           | 1 | Y | T | T | T              | T | T | Y | T  | Y                           | T             | Y                           |              |    |  | sekalad discant isk. Tindakan penggantian filter tandem oving under                                                                  | Mekanik Maintenance |
|                          | 2      | F                           | 1 | T | T | Y | Y              | Y | Y | Y | T  | Y                           | T             | T                           |              |    |  | sekalad es on/offline isk. Tindakan perawatan rutin berupa pemutusan bearing rol filler                                              | Mekanik Maintenance |
|                          | 3      | A                           | 1 | Y | T | T | T              | Y | T | Y | T  | Y                           | T             | T                           |              |    |  | sekalad es on/offline isk. Tindakan perawatan rutin berupa pemutusan bearing rol forming                                             | Mekanik Maintenance |
|                          | 3      | B                           | 1 | T | T | T | Y              | T | Y | T | Y  | T                           | Y             | T                           |              |    |  | sekalad discant isk.k. Tindakan penggantian belt/ rol forming                                                                        | Mekanik Maintenance |
|                          | 3      | C                           | 1 | Y | T | T | T              | T | Y | T | Y  | T                           | Y             | T                           |              |    |  | sekalad discant isk. Tindakan penggantian bearing roller                                                                             | Mekanik Maintenance |
|                          | 3      | D                           | 1 | T | T | T | Y              | T | Y | T | Y  | T                           | Y             | T                           |              |    |  | sekalad discant isk. Tindakan penggantian rol forming                                                                                | Mekanik Maintenance |

### Perhitungan *Time To Failure* (TTF) dan *Time To Repair* (TTR)

Perhitungan *time to failure* (TTF) dan *time to repair* (TTR) dengan data *downtime* periode penelitian Januari hingga Agustus 2021 tiga komponen dengan RPN tertinggi yaitu *Dok Magazine* dengan total *downtime* 7.1 jam, *Welding* dengan total *downtime* 6.9 jam, dan *forming* dengan total *downtime* 12.8 jam sebagai berikut :

**Tabel 6 TTR dan TTF Komponen Dok Magazine**

| TTR DAN TTF KOMPONEN DOK MAGAZINE |              |                                                |           |           |
|-----------------------------------|--------------|------------------------------------------------|-----------|-----------|
| No.                               | Tanggal      | Kerusakan                                      | TTR (jam) | TTF (jam) |
| 1                                 | 20-Apr-21    | Roller magazine miring                         | 1         |           |
| 2                                 | 28-Apr-21    | Bearing skidder aus                            | 1         | 68        |
| 3                                 | 05 Mei 2021  | Selang vacuum usang                            | 0.2       | 59.5      |
| 4                                 | 08 Mei 2021  | Setting robotic pemindah plat ke magazine eror | 1.2       | 25.5      |
| 5                                 | 18 Mei 2021  | Dok rusak                                      | 0.5       | 85        |
| 6                                 | 02 Juni 2021 | Longshort dok lepas                            | 0.4       | 127.5     |
| 7                                 | 11 Juni 2021 | Magazine belt vacuum lepas                     | 0.2       | 76.5      |
| 8                                 | 14 Juni 2021 | Dok rusak                                      | 0.4       | 25.5      |
| 9                                 | 29 Juni 2021 | Dok chain rusak (aus)                          | 1         | 127.5     |
| 10                                | 07 Juli 2021 | Longshort dok lepas                            | 1.2       | 68        |

**Tabel 7 TTR dan TTF Komponen Welding**

| TTR DAN TTF KOMPONEN WELDING |                 |                                                |           |           |
|------------------------------|-----------------|------------------------------------------------|-----------|-----------|
| No.                          | Tanggal         | Kerusakan                                      | TTR (jam) | TTF (jam) |
| 1                            | 12 Mei 2021     | Welding roll bergeser                          | 2.6       |           |
| 2                            | 12 Mei 2021     | Welding roll bergeser                          | 1         | 4         |
| 3                            | 28 Mei 2021     | Selang saluran pendingin bocor                 | 2         | 136       |
| 4                            | 30 Mei 2021     | Isolasi roll filler aus                        | 0.3       | 17        |
| 5                            | 03 Juni 2021    | Selang filter tandon cooling water aus (usang) | 0.2       | 34        |
| 6                            | 10 Juni 2021    | Isolasi roll filler aus                        | 0.3       | 59.5      |
| 7                            | 14 Juni 2021    | Isolasi roll filler aus                        | 0.2       | 34        |
| 8                            | 24 Agustus 2021 | Bearing roll filler macet                      | 0.3       | 340       |

**Tabel 8 TTR dan TTF Komponen Forming**

| TTR DAN TTF KOMPONEN FORMING |                 |                                          |           |           |
|------------------------------|-----------------|------------------------------------------|-----------|-----------|
| No.                          | Tanggal         | Kerusakan                                | TTR (jam) | TTF (jam) |
| 1                            | 15 Januari 2021 | Bearing roll forming macet               | 0.7       |           |
| 2                            | 7-Apr-21        | Vanbelt roll forming g aus dan putus     | 0.2       | 697       |
| 3                            | 10-Apr-21       | Timing belt roll forming aus dan putus   | 0.3       | 25.5      |
| 4                            | 14-Apr          | Timing belt roll forming aus dan putus   | 0.6       | 34        |
| 5                            | 04 Mei 2021     | Bushing roller forming g aus             | 0.4       | 170       |
| 6                            | 09 Mei 2021     | Roll forming aus                         | 0.3       | 42.5      |
| 7                            | 09 Mei 2021     | Timing belt roll forming g aus dan putus | 0.3       | 4         |
| 8                            | 21 Mei 2021     | Belt roll forming g aus dan putus        | 0.4       | 102       |
| 9                            | 29 Mei 2021     | Roll forming aus                         | 2.9       | 68        |
| 10                           | 07 Juni 2021    | Bearing roll forming macet               | 4.7       | 76.5      |
| 11                           | 08 Juni 2021    | Belt roll forming aus dan putus          | 0.8       | 8.5       |
| 12                           | 16 Juni 2021    | Vanbelt roll forming aus dan putus       | 0.5       | 68        |
| 13                           | 16 Agustus 2021 | Belt roll forming aus dan putus          | 0.4       | 255       |
| 14                           | 19 Agustus 2021 | Belt roll forming aus dan putus          | 0.3       | 25.5      |

### Identifikasi Pola Distribusi Yang Sesuai Untuk *Time To Failure* (TTF)

Agar dapat menentukan pola distribusi yang sesuai untuk *time to failure* (TTF) maka perlu dilakukan perhitungan *least square curve fitting* untuk mencari nilai *index of fit* (r) dari setiap distribusi, dimana penentuan distribusi yang sesuai diperoleh dari hasil nilai *index of fit* (r) tertinggi dari masing masing komponen dengan

distribusi eksponensial, lognormal, dan weibull sebagai berikut :

- Distribusi Eksponensial (TTF)
  - Komponen Dok Magazine

$$r = \frac{9(834.78) - (662)(8.296)}{\sqrt{[9(59628) - (59628)^2][9(12.987) - (12.987)^2]}}$$

$$r = 0.0000471018$$

**Tabel 9 Index Of Fit komponen Dok Magazine (TTF)**

| i     | ti (jam) | xi = ti | F(ti)        | yi           | xi*yi       | xi²      | yi²         |
|-------|----------|---------|--------------|--------------|-------------|----------|-------------|
| 1     | 25       | 25      | 0.074468085  | 0.077386664  | 1.93466659  | 625      | 0.005988696 |
| 2     | 25       | 25      | 0.180851064  | 0.19948936   | 4.98723401  | 625      | 0.039796005 |
| 3     | 59.5     | 59.5    | 0.287234043  | 0.338602163  | 20.14682869 | 3540.25  | 0.114651425 |
| 4     | 68       | 68      | 0.393617021  | 0.500243514  | 34.01655898 | 4624     | 0.250243574 |
| 5     | 68       | 68      | 0.5          | 0.693147181  | 47.13400828 | 4624     | 0.480453014 |
| 6     | 76.5     | 76.5    | 0.606382979  | 0.93237687   | 71.32683053 | 5852.25  | 0.869326627 |
| 7     | 85       | 85      | 0.712765957  | 1.247457916  | 106.0339229 | 7225     | 1.556151253 |
| 8     | 127.5    | 127.5   | 0.819148936  | 1.710081438  | 138.0353834 | 16256.25 | 2.924378525 |
| 9     | 127.5    | 127.5   | 0.925531915  | 2.597384633  | 331.1665407 | 16256.25 | 6.746406933 |
| Total | 662      | 662     |              | 8.296169739  | 834.7819741 | 59628    | 12.98739605 |
|       |          |         | Index Of Fit | 0.0000471018 |             |          |             |

- Komponen Welding

$$r = \frac{7(1105.633) - (624.5)(6.344)}{\sqrt{[7(140253.25) - (140253.25)^2][7(9.5) - (9.5)^2]}}$$

$$r = 0.0055262937$$

**Tabel 10 Index Of Fit komponen Welding (TTF)**

| i     | ti (jam) | xi = ti | F(ti)        | yi           | xi*yi       | xi²       | yi²         |
|-------|----------|---------|--------------|--------------|-------------|-----------|-------------|
| 1     | 4        | 4       | 0.094594595  | 0.099372474  | 0.397489895 | 16        | 0.009874889 |
| 2     | 17       | 17      | 0.22972973   | 0.261013825  | 4.437235031 | 289       | 0.068128217 |
| 3     | 34       | 34      | 0.364864865  | 0.453917491  | 15.43319471 | 1156      | 0.206041089 |
| 4     | 34       | 34      | 0.5          | 0.693147181  | 23.56700414 | 1156      | 0.480453014 |
| 5     | 59.5     | 59.5    | 0.635135135  | 1.008228227  | 59.98957952 | 3540.25   | 1.016524158 |
| 6     | 136      | 136     | 0.77027027   | 1.470851749  | 200.0358379 | 18496     | 2.163404868 |
| 7     | 340      | 340     | 0.905405405  | 2.358154944  | 801.772681  | 115600    | 5.560894741 |
| Total | 624.5    | 624.5   |              | 6.344685892  | 1105.633022 | 140253.25 | 9.505320975 |
|       |          |         | Index Of Fit | 0.0055262937 |             |           |             |

- Komponen Forming

$$r = \frac{13(3224.8) - (1576.5)(12.224)}{\sqrt{[13(609589.25) - (609589.25)^2][13(20.1) - (20.1)^2]}}$$

$$r = 0.00227981$$

**Tabel 11 Index Of Fit komponen Forming (TTF)**

| i     | ti (jam) | xi = ti | F(ti)        | yi               | xi*yi       | xi²       | yi²         |
|-------|----------|---------|--------------|------------------|-------------|-----------|-------------|
| 1     | 4        | 4       | 0.052238806  | 0.053652713      | 0.214610854 | 16        | 0.002878614 |
| 2     | 8.5      | 8.5     | 0.126865672  | 0.135665865      | 1.153159854 | 72.25     | 0.018405227 |
| 3     | 34       | 34      | 0.201492537  | 0.225010965      | 7.650372827 | 1156      | 0.050629935 |
| 4     | 25.5     | 25.5    | 0.276119403  | 0.323128821      | 8.239784947 | 650.25    | 0.104412235 |
| 5     | 25.5     | 25.5    | 0.350746269  | 0.431931681      | 11.01425787 | 650.25    | 0.186564977 |
| 6     | 42.5     | 42.5    | 0.425373134  | 0.554034378      | 23.54646107 | 1806.25   | 0.306954092 |
| 7     | 68       | 68      | 0.5          | 0.693147181      | 47.13400828 | 4624      | 0.480453014 |
| 8     | 68       | 68      | 0.574626866  | 0.854788532      | 58.12562018 | 4624      | 0.730663435 |
| 9     | 76.5     | 76.5    | 0.649253731  | 1.047692198      | 80.14845317 | 5852.25   | 1.097658942 |
| 10    | 102      | 102     | 0.723880597  | 1.286921887      | 131.2660325 | 10404     | 1.656167944 |
| 11    | 170      | 170     | 0.798507463  | 1.602002934      | 272.3404988 | 28900     | 2.5664134   |
| 12    | 255      | 255     | 0.873134328  | 2.064626456      | 526.4797463 | 65025     | 4.262682402 |
| 13    | 697      | 697     | 0.947761194  | 2.951929651      | 2057.494967 | 485809    | 8.713888664 |
| Total | 1576.5   | 1,576.5 |              | 12.22453326      | 3224.807973 | 609589.25 | 20.1777288  |
|       |          |         | Index Of Fit | 0.00227981090000 |             |           |             |

- Distribusi Lognormal (TTF)
  - Komponen Dok Magazine

$$r = \frac{9(4.08) - (37.43)(0)}{\sqrt{[9(158.58) - (158.58)^2][9(6.51) - (6.51)^2]}}$$

$$r = 0.05847831$$

**Tabel 12 Index Of Fit komponen Dok Magazine (TTF)**

| i     | ti (jam) | xi = ln ti | F(ti)        | yi           | xi*yi       | xi²      | yi²      |
|-------|----------|------------|--------------|--------------|-------------|----------|----------|
| 1     | 25       | 3.21888    | 0.074468085  | -1.44        | -4.63518119 | 10.36116 | 2.0736   |
| 2     | 25       | 3.21888    | 0.180851064  | -0.88        | -2.83261073 | 10.36116 | 0.7744   |
| 3     | 59.5     | 4.08598    | 0.287234043  | -0.56        | -2.28814674 | 16.6952  | 0.3136   |
| 4     | 68       | 4.21951    | 0.393617021  | -0.267       | -1.12660856 | 17.80425 | 0.071289 |
| 5     | 68       | 4.21951    | 0.5          | 0            | 0           | 17.80425 | 0        |
| 6     | 76.5     | 4.33729    | 0.606382979  | 0.25         | 1.084322685 | 18.81209 | 0.0625   |
| 7     | 85       | 4.44265    | 0.712765957  | 0.56         | 2.487884704 | 19.73715 | 0.3136   |
| 8     | 127.5    | 4.84812    | 0.819148936  | 0.91         | 4.411785892 | 23.50423 | 0.8281   |
| 9     | 127.5    | 4.84812    | 0.925531915  | 1.44         | 6.981287565 | 23.50423 | 2.0736   |
| Total | 662      | 37.4389    | 4.5          | 0.013        | 4.08273364  | 158.5837 | 6.510689 |
|       |          |            | Index Of Fit | 0.0584783183 |             |          |          |

## - Komponen Welding

$$r = \frac{7(7.567) - (26)(0)}{\sqrt{[7(109.62) - (109.62)^2][7(4.83) - (4.83)^2]}}$$

$$r = 0.111823$$

**Tabel 13 Index Of Fit komponen Welding (TTF)**

| i     | ti (jam) | xi = ln ti | F(ti)        | yi           | xi*yi       | xi²       | yi²    |
|-------|----------|------------|--------------|--------------|-------------|-----------|--------|
| 1     | 4        | 1.38629    | 0.094594595  | -1.31        | -1.81604561 | 1.9218121 | 1.7161 |
| 2     | 17       | 2.83321    | 0.22972973   | -0.76        | -2.15324214 | 8.0270979 | 0.5776 |
| 3     | 34       | 3.52636    | 0.364864865  | -0.34        | -1.19896258 | 12.435219 | 0.1156 |
| 4     | 34       | 3.52636    | 0.5          | 0            | 0           | 12.435219 | 0      |
| 5     | 59.5     | 4.08598    | 0.635135135  | 0.32         | 1.30751242  | 16.695202 | 0.1024 |
| 6     | 136      | 4.91265    | 0.77027027   | 0.76         | 3.733617713 | 24.134178 | 0.5776 |
| 7     | 340      | 5.82895    | 0.905405405  | 1.32         | 7.694208215 | 33.976607 | 1.7424 |
| Total | 624.5    | 26.0998    | 4.5          | -0.01        | 7.567088016 | 109.62533 | 4.8317 |
|       |          |            | Index Of Fit | 0.1118237332 |             |           |        |

## - Komponen Forming

$$r = \frac{13(15) - (51.9)(0)}{\sqrt{[13(229.7) - (229.7)^2][13(10.42) - (10.42)^2]}}$$

$$r = 0.1690455$$

**Tabel 14 Index Of Fit komponen Forming (TTF)**

| i     | ti (jam) | xi = ln ti | F(ti)        | yi               | xi*yi       | xi²       | yi²     |
|-------|----------|------------|--------------|------------------|-------------|-----------|---------|
| 1     | 4        | 1.38629    | 0.052238806  | -1.62            | -2.24579687 | 1.9218121 | 2.6244  |
| 2     | 8.5      | 2.14007    | 0.126865672  | -1.16            | -2.48247675 | 4.5798832 | 1.3456  |
| 3     | 34       | 3.52636    | 0.201492537  | -0.84            | -2.96214284 | 12.435219 | 0.7056  |
| 4     | 25.5     | 3.23868    | 0.276119403  | -0.6             | -1.94320707 | 10.489038 | 0.36    |
| 5     | 25.5     | 3.23868    | 0.350746269  | -0.38            | -1.23069781 | 10.489038 | 0.1444  |
| 6     | 42.5     | 3.7495     | 0.425373134  | -0.18            | -0.67491073 | 14.058781 | 0.0324  |
| 7     | 68       | 4.21951    | 0.5          | 0                | 0           | 17.804245 | 0       |
| 8     | 68       | 4.21951    | 0.574626866  | 0.19             | 0.801706464 | 17.804245 | 0.0361  |
| 9     | 76.5     | 4.33729    | 0.649253731  | 0.38             | 1.648170482 | 18.812091 | 0.1444  |
| 10    | 102      | 4.62497    | 0.723880597  | 0.6              | 2.774983688 | 21.390374 | 0.36    |
| 11    | 170      | 5.1358     | 0.798507463  | 0.84             | 4.314070687 | 26.376426 | 0.7056  |
| 12    | 255      | 5.54126    | 0.873134328  | 1.16             | 6.427865712 | 30.705602 | 1.3456  |
| 13    | 697      | 6.54679    | 0.947761194  | 1.62             | 10.60579237 | 42.860399 | 2.6244  |
| Total | 1576.5   | 51.9       | 6.5          | 0.01             | 15.03335733 | 229.72715 | 10.4285 |
|       |          |            | Index Of Fit | 0.16904557020000 |             |           |         |

## • Distribusi Weibull (TTF)

## - Komponen Dok Magazine

$$r = \frac{9(-14.41) - (37.43)(-4.67)}{\sqrt{[9(158.58) - (158.58)^2][9(12.18) - (12.18)^2]}}$$

$$r = 0.04702469$$

**Tabel 15 Index Of Fit komponen Dok Magazine (TTF)**

| i     | ti (jam) | xi = ln ti | F(ti)        | yi           | xi*yi       | xi²      | yi²         |
|-------|----------|------------|--------------|--------------|-------------|----------|-------------|
| 1     | 25       | 3.21888    | 0.074468085  | -2.558940818 | -8.23691274 | 10.36116 | 6.54817811  |
| 2     | 25       | 3.21888    | 0.180851064  | -1.611994375 | -5.18880972 | 10.36116 | 2.598525866 |
| 3     | 59.5     | 4.08598    | 0.287234043  | -1.082929422 | -4.42482396 | 16.6952  | 1.172736132 |
| 4     | 68       | 4.21951    | 0.393617021  | -0.69266027  | -2.92268535 | 17.80425 | 0.47977825  |
| 5     | 68       | 4.21951    | 0.5          | -0.366512921 | -1.54650409 | 17.80425 | 0.134331721 |
| 6     | 76.5     | 4.33729    | 0.606382979  | -0.070018179 | -0.3036892  | 18.81209 | 0.004902545 |
| 7     | 85       | 4.44265    | 0.712765957  | 0.221107814  | 0.982304906 | 19.73715 | 0.048888665 |
| 8     | 127.5    | 4.84812    | 0.819148936  | 0.536540994  | 2.601213174 | 23.50423 | 0.287876238 |
| 9     | 127.5    | 4.84812    | 0.925531915  | 0.954505028  | 4.627551449 | 23.50423 | 0.911079849 |
| Total | 662      | 37.4389    | 4.5          | -4.670902149 | -14.4123555 | 158.5837 | 12.18629738 |
|       |          |            | Index Of Fit | 0.0470246986 |             |          |             |

## - Komponen Welding

$$r = \frac{7(-4.15) - (26)(-3.55)}{\sqrt{[7(109.62) - (109.62)^2][7(8.77) - (8.77)^2]}}$$

$$r = 0.152118$$

**Tabel 16 Index Of Fit komponen Welding (TTF)**

| i     | ti (jam) | xi = ln ti | F(ti)        | yi           | xi*yi       | xi²       | yi²         |
|-------|----------|------------|--------------|--------------|-------------|-----------|-------------|
| 1     | 4        | 1.38629    | 0.094594595  | -2.308880127 | -3.2007875  | 1.9218121 | 5.330927441 |
| 2     | 17       | 2.83321    | 0.22972973   | -1.343181902 | -3.80552089 | 8.0270979 | 1.804137623 |
| 3     | 34       | 3.52636    | 0.364864865  | -0.789839834 | -2.78526001 | 12.435219 | 0.623846964 |
| 4     | 34       | 3.52636    | 0.5          | -0.366512921 | -1.29245669 | 12.435219 | 0.134331721 |
| 5     | 59.5     | 4.08598    | 0.635135135  | 0.00819456   | 0.033482778 | 16.695202 | 6.71508E-05 |
| 6     | 136      | 4.91265    | 0.77027027   | 0.385841654  | 1.895506888 | 24.134178 | 0.148873782 |
| 7     | 340      | 5.82895    | 0.905405405  | 0.85787951   | 5.00053301  | 33.976607 | 0.735957254 |
| Total | 624.5    | 26.0998    | 3.5          | -3.55649906  | -4.15450242 | 109.62533 | 8.778141935 |
|       |          |            | Index Of Fit | 0.1521180021 |             |           |             |

## - Komponen Forming

$$r = \frac{13(-9.49) - (51.9)(-6.92)}{\sqrt{[13(229.72) - (229.72)^2][13(19.24) - (19.24)^2]}}$$

$$r = 0.096337$$

**Tabel 16 Index Of Fit komponen Forming (TTF)**

| i     | ti (jam) | xi = ln ti | F(ti)        | yi               | xi*yi       | xi²       | yi²         |
|-------|----------|------------|--------------|------------------|-------------|-----------|-------------|
| 1     | 4        | 1.38629    | 0.052238806  | -2.925223234     | -4.05522047 | 1.9218121 | 8.556930966 |
| 2     | 8.5      | 2.14007    | 0.126865672  | -1.99756029      | -4.27491119 | 4.5798832 | 3.990247113 |
| 3     | 34       | 3.52636    | 0.201492537  | -1.491606142     | -5.25994102 | 12.435219 | 2.224888884 |
| 4     | 25.5     | 3.23868    | 0.276119403  | -1.129704207     | -3.65874867 | 10.489038 | 1.276231596 |
| 5     | 25.5     | 3.23868    | 0.350746269  | -0.839487848     | -2.71883121 | 10.489038 | 0.704739848 |
| 6     | 42.5     | 3.7495     | 0.425373134  | -0.59052854      | -2.21418917 | 14.058781 | 0.348723956 |
| 7     | 68       | 4.21951    | 0.5          | -0.366512921     | -1.54650409 | 17.804245 | 0.134331721 |
| 8     | 68       | 4.21951    | 0.574626866  | -0.156901171     | -0.6620457  | 17.804245 | 0.024617978 |
| 9     | 76.5     | 4.33729    | 0.649253731  | 0.046589839      | 0.202073676 | 18.812091 | 0.002170613 |
| 10    | 102      | 4.62497    | 0.723880597  | 0.252253233      | 1.166664345 | 21.390374 | 0.063631694 |
| 11    | 170      | 5.1358     | 0.798507463  | 0.47125468       | 2.420269049 | 26.376426 | 0.222080973 |
| 12    | 255      | 5.54126    | 0.873134328  | 0.724949317      | 4.017135222 | 30.705602 | 0.525551512 |
| 13    | 697      | 6.54679    | 0.947761194  | 1.082459075      | 7.086627283 | 42.860399 | 1.17171765  |
| Total | 1576.5   | 51.9       | 6.5          | -6.920018209     | -9.49762194 | 229.72715 | 19.2458645  |
|       |          |            | Index Of Fit | 0.09633703690000 |             |           |             |

Didapatkan hasil perhitungan dari least square curve fitting untuk setiap distribusi dengan index of fit tertinggi untuk TTF (*time to failure*) yaitu komponen dok *magazine* dengan distribusi lognormal, *welding* dengan distribusi weibull, dan *forming* dengan distribusi lognormal ditunjukkan tabel berikut :

**Tabel 17 Hasil Index Of Fit tertinggi (TTF)**

| Index Of Fit |                         |                      |                    |
|--------------|-------------------------|----------------------|--------------------|
| Komponen     | Distribusi Eksponensial | Distribusi Lognormal | Distribusi Weibull |
| Dok Magazine | 0.0000471018            | 0.0584783183         | 0.0470246986       |
| Welding      | 0.0055262937            | 0.1118237332         | 0.1521180021       |
| Forming      | 0.00227981090000        | 0.16904557020000     | 0.09633703690000   |

**Pengujian Goodness Of Fit Test Untuk Time To Failure (TTF)**

Setelah diperoleh nilai *index of fit* dari setiap distribusi untuk setiap komponen harus dilakukan pengujian terlebih dahulu agar dapat dipastikan kesesuaian datanya. Dengan pengujian *Mann's test*,  $\alpha = 0.05$  untuk menguji distribusi weibull dan *Kolmogorov-Smirnov test*,  $\alpha = 0.05$  untuk menguji distribusi lognormal, perhitungan *goodness of fit test* untuk tiap komponen untuk TTF (*time to failure*) sebagai berikut :

• *Goodness of fit test* komponen dok *magazine* (TTF)

Digunakan distribusi Lognormal dengan uji kesesuaian Kolmogorov-Smirnov test menggunakan aplikasi SPSS,  $\alpha = 0.05$  dimana,

Ho : Data berdistribusi lognormal

Hi : Data tidak berdistribusi lognormal

Taraf nyata  $\alpha$  : 0.05

Wilayah kritik : tolak Ho bila Dhitung > Dtabel

Dengan menggunakan tabel Kolmogorov-Smirnov test : Untuk  $n = 9$  dan  $\alpha = 0.05$ , maka Dtabel = 0.43001

| One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test |                |                     |
|------------------------------------|----------------|---------------------|
| VAR00001                           |                |                     |
| N                                  |                | 9                   |
| Normal Parameters <sup>a,b</sup>   | Mean           | 73.5556             |
|                                    | Std. Deviation | 36.96996            |
| Most Extreme Differences           | Absolute       | .156                |
|                                    | Positive       | .156                |
|                                    | Negative       | -.150               |
| Test Statistic                     |                | .156                |
| Asymp. Sig. (2-tailed)             |                | .200 <sup>c,d</sup> |

Gambar 1 Kolmogorov Smirnov Test Dok Magazine

Dari hasil pengujian didapatkan Dhitung(0.156) < Dtabel (0.43001) maka Ho diterima dan data dinyatakan berdistribusi lognormal.

- Goodness of fit test komponen welding (TTF)

Digunakan distribusi Weibull dengan uji kesesuaian Mann's Whitney test,

Ho : Data berdistribusi weibull

Hi : Data tidak weibull

Taraf nyata  $\alpha$  : 0.05

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

Dengan menggunakan tabel distribusi F untuk  $V_1 = 7$  dan  $V_2 = 6$ , maka F tabel

adalah 4.21

$$k_1 = \left\lfloor \frac{r}{2} \right\rfloor = \frac{7}{2} = 3.5$$

$$k_2 = \left\lfloor \frac{r-1}{2} \right\rfloor = \frac{7-1}{2} = 3$$

$$\ln(t_i) = \ln(4) = 1.3862943611$$

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

$$Z_i = \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1-0.5}{7+0.25} \right) \right] = -2.6386319255$$

$$M_i = Z_2 - Z_1 = -1.4618 - (-2.6386) = 1.1768$$

$$\ln(t_2) - \ln(t_1) = 2.833 - 1.386 = 1.4469$$

$$\frac{\ln(t_2) - \ln(t_1)}{M_i} = \frac{1.4469}{1.176} = 0.2701$$

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \left( \frac{\ln(t_2) - \ln(t_1)}{M_i} \right)}{k_2 \sum_{i=1}^{r-1} \left( \frac{\ln(t_2) - \ln(t_1)}{M_i} \right)} = \frac{3.5 \times 5.9945}{3 \times 9.945} = 1.16$$

Tabel 17 Mann's Whitney test Welding

| i     | ti (jam) | xi = ln ti | Zi         | Mi         | ln(t2)-ln(t1) | (ln(t2)-ln(t1))/Mi | M        |
|-------|----------|------------|------------|------------|---------------|--------------------|----------|
| 1     | 4        | 1.38629436 | -2.6386319 | 1.17675854 | 1.446918983   | 0.270160444        |          |
| 2     | 17       | 2.83321334 | -1.4618734 | 0.60115181 | 0.693147181   | 0.091995367        |          |
| 3     | 34       | 3.52636052 | -0.8607216 | 0.44406249 | 0             | -0.444062487       |          |
| 4     | 34       | 3.52636052 | -0.4166591 | 0.3855817  | 0.559615788   | 0.174034085        |          |
| 5     | 59.5     | 4.08597631 | -0.0310774 | 0.38270961 | 0.826678573   | 0.443968965        |          |
| 6     | 136      | 4.91265489 | 0.35163223 | 0.4675675  | 0.916290732   | 0.448723234        |          |
| 7     | 340      | 5.82894562 | 0.81919973 | 0.81919973 | 5.82894562    | 5.00974589         |          |
| Total | 624.5    | 26.0998056 |            |            |               | 5.99456497         | 1.166667 |

Didapatkan hasil  $M (1.666) < F_{tabel} (4.21)$

sehingga Ho diterima dan dapat dinyatakan bahwa data berdistribusi weibull.

- Goodness of fit test komponen forming (TTF)

Digunakan distribusi Lognormal dengan uji kesesuaian Kolmogorov-Smirnov test menggunakan aplikasi SPSS,  $\alpha = 0.05$  dimana,

Ho : Data berdistribusi lognormal

Hi : Data tidak berdistribusi lognormal

Taraf nyata  $\alpha$  : 0.05

Wilayah kritik : tolak Ho bila Dhitung > Dtabel

Dengan menggunakan tabel Kolmogorov-Smirnov test : Untuk  $n = 13$  dan  $\alpha = 0.05$ , maka Dtabel = 0.361

| One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test |                |                   |
|------------------------------------|----------------|-------------------|
| VAR00001                           |                |                   |
| N                                  |                | 13                |
| Normal Parameters <sup>a,b</sup>   | Mean           | 121.2692          |
|                                    | Std. Deviation | 186.72803         |
| Most Extreme Differences           | Absolute       | .310              |
|                                    | Positive       | .310              |
|                                    | Negative       | -.265             |
| Test Statistic                     |                | .310              |
| Asymp. Sig. (2-tailed)             |                | .001 <sup>c</sup> |

Gambar 2 Kolmogorov Smirnov Test Forming

Dari hasil pengujian didapatkan Dhitung(0.31) < Dtabel (0.36) maka Ho diterima dan data dinyatakan berdistribusi lognormal.

### Identifikasi Pola Distribusi Yang Sesuai Untuk Time To Repair (TTR)

Agar dapat menentukan pola distribusi yang sesuai untuk time to repair (TTR) perlu dilakukan perhitungan least square curve fitting untuk mencari nilai index of fit (r) dari setiap distribusi, dimana penentuan distribusi yang sesuai diperoleh dari hasil nilai index of fit (r) tertinggi dari masing masing komponen dengan distribusi eksponensial, lognormal, dan weibull seperti berikut :

- Distribusi Eksponensial (TTR)

- Komponen Dok Magazine

$$r = \frac{10(9.23) - (7.1)(9.27)}{\sqrt{[10(6.53) - (6.53)^2][10(14.76) - (14.76)^2]}}$$

$$r = 0.663643$$

**Tabel 18 Index Of Fit komponen Dok Magazine (TTR)**

| i     | ti (jam) | xi = ti | F(ti)        | yi           | xi*yi      | xi <sup>2</sup> | yi <sup>2</sup> |
|-------|----------|---------|--------------|--------------|------------|-----------------|-----------------|
| 1     | 0.2      | 0.2     | 0.06730769   | 0.069679921  | 0.01393598 | 0.04            | 0.00485529      |
| 2     | 0.2      | 0.2     | 0.16346154   | 0.17848278   | 0.03569656 | 0.04            | 0.0318561       |
| 3     | 0.4      | 0.4     | 0.25961538   | 0.300585477  | 0.12023419 | 0.16            | 0.09035163      |
| 4     | 0.4      | 0.4     | 0.35576923   | 0.43969828   | 0.17587931 | 0.16            | 0.19333458      |
| 5     | 0.5      | 0.5     | 0.45192308   | 0.601339631  | 0.30066982 | 0.25            | 0.36160935      |
| 6     | 1        | 1       | 0.54807692   | 0.794243297  | 0.7942433  | 1               | 0.63082242      |
| 7     | 1        | 1       | 0.64423077   | 1.033472986  | 1.03347299 | 1               | 1.06806641      |
| 8     | 1        | 1       | 0.74038462   | 1.348554033  | 1.34855403 | 1               | 1.81859798      |
| 9     | 1.2      | 1.2     | 0.83653846   | 1.811177555  | 2.17341307 | 1.44            | 3.28036414      |
| 10    | 1.2      | 1.2     | 0.93269231   | 2.69848075   | 3.2381769  | 1.44            | 7.28179836      |
| Total | 7.1      | 7.1     | 5            | 9.275714712  | 9.23427614 | 6.53            | 14.7616563      |
|       |          |         | Index Of Fit | 0.6636439626 |            |                 |                 |

## - Komponen Welding

$$r = \frac{8(11.39) - (6.9)(7.31)}{\sqrt{[8(12.11) - (12.11)^2][8(11.233) - (11.233)^2]}}$$

$$r = 0.955262$$

**Tabel 19 Index Of Fit komponen Welding (TTR)**

| i     | ti (jam) | xi = ti | F(ti)        | yi           | xi*yi      | xi <sup>2</sup> | yi <sup>2</sup> |
|-------|----------|---------|--------------|--------------|------------|-----------------|-----------------|
| 1     | 0.2      | 0.2     | 0.083333     | 0.087011377  | 0.01740228 | 0.04            | 0.00757098      |
| 2     | 0.2      | 0.2     | 0.202381     | 0.226124179  | 0.04522484 | 0.04            | 0.05113214      |
| 3     | 0.3      | 0.3     | 0.321429     | 0.387765531  | 0.11632966 | 0.09            | 0.15036211      |
| 4     | 0.3      | 0.3     | 0.440476     | 0.580669197  | 0.17420076 | 0.09            | 0.33717672      |
| 5     | 0.3      | 0.3     | 0.559524     | 0.819898866  | 0.24596967 | 0.09            | 0.67223418      |
| 6     | 1        | 1       | 0.678571     | 1.134979933  | 1.13497993 | 1               | 1.28817945      |
| 7     | 2        | 2       | 0.797619     | 1.597603455  | 3.19520691 | 4               | 2.5523368       |
| 8     | 2.6      | 2.6     | 0.916667     | 2.48490665   | 6.46075729 | 6.76            | 6.17476106      |
| Total | 6.9      | 6.9     | 4            | 7.318959208  | 11.3900713 | 12.11           | 11.2337534      |
|       |          |         | Index Of Fit | 0.9552625454 |            |                 |                 |

## - Komponen Forming

$$r = \frac{14(24.9) - (12.8)(13.21)}{\sqrt{[14(33.12) - (33.12)^2][14(22) - (22)^2]}}$$

$$r = 0.53778$$

**Tabel 20 Index Of Fit komponen Forming (TTR)**

| i     | ti (jam) | xi = ti | F(ti)        | yi           | xi*yi      | xi <sup>2</sup> | yi <sup>2</sup> |
|-------|----------|---------|--------------|--------------|------------|-----------------|-----------------|
| 1     | 0.2      | 0.2     | 0.048611     | 0.049832374  | 0.00996647 | 0.04            | 0.00248327      |
| 2     | 0.3      | 0.3     | 0.118056     | 0.125626213  | 0.03768786 | 0.09            | 0.01578195      |
| 3     | 0.3      | 0.3     | 0.1875       | 0.207639365  | 0.06229181 | 0.09            | 0.04311411      |
| 4     | 0.3      | 0.3     | 0.256944     | 0.296984465  | 0.08909534 | 0.09            | 0.08819977      |
| 5     | 0.3      | 0.3     | 0.326389     | 0.395102321  | 0.1185307  | 0.09            | 0.15610584      |
| 6     | 0.4      | 0.4     | 0.395833     | 0.503905181  | 0.20156207 | 0.16            | 0.25392043      |
| 7     | 0.4      | 0.4     | 0.465278     | 0.626007878  | 0.25040315 | 0.16            | 0.39188586      |
| 8     | 0.4      | 0.4     | 0.534722     | 0.76512068   | 0.30604827 | 0.16            | 0.58540966      |
| 9     | 0.5      | 0.5     | 0.604167     | 0.926762032  | 0.46338102 | 0.25            | 0.85888786      |
| 10    | 0.6      | 0.6     | 0.673611     | 1.119665698  | 0.67179942 | 0.36            | 1.25365127      |
| 11    | 0.7      | 0.7     | 0.743056     | 1.358895387  | 0.95122677 | 0.49            | 1.84659667      |
| 12    | 0.8      | 0.8     | 0.8125       | 1.673976434  | 1.33918115 | 0.64            | 2.8021971       |
| 13    | 2.9      | 2.9     | 0.881944     | 2.136599956  | 6.19613987 | 8.41            | 4.56505937      |
| 14    | 4.7      | 4.7     | 0.951389     | 3.023903151  | 14.2123448 | 22.09           | 9.14399026      |
| Total | 12.8     | 12.8    | 7.0          | 13.21002113  | 24.9096587 | 33.12           | 22.0072834      |
|       |          |         | Index Of Fit | 0.5377813081 |            |                 |                 |

## • Distribusi Lognormal

## - Komponen Dok Magazine

$$r = \frac{10(5.47) - (-5.37)(0)}{\sqrt{[10(7.4) - (7.4)^2][10(7.65) - (7.65)^2]}}$$

$$r = 2.95535$$

**Tabel 21 Index Of Fit komponen Dok Magazine (TTR)**

| i     | ti (jam) | xi = ln ti | F(ti)        | yi           | xi*yi      | xi <sup>2</sup> | yi <sup>2</sup> |
|-------|----------|------------|--------------|--------------|------------|-----------------|-----------------|
| 1     | 0.2      | -1.60944   | 0.06730769   | -1.52        | 2.44634563 | 2.59029039      | 2.3104          |
| 2     | 0.2      | -1.60944   | 0.16346154   | -0.97        | 1.56115478 | 2.59029039      | 0.9409          |
| 3     | 0.4      | -0.91629   | 0.25961538   | -0.64        | 0.58642607 | 0.83958871      | 0.4096          |
| 4     | 0.4      | -0.91629   | 0.35576923   | -0.37        | 0.33902757 | 0.83958871      | 0.1369          |
| 5     | 0.5      | -0.69315   | 0.45192308   | -0.13        | 0.09010913 | 0.48045301      | 0.0169          |
| 6     | 1        | 0          | 0.54807692   | 0.12         | 0          | 0               | 0.0144          |
| 7     | 1        | 0          | 0.64423077   | 0.37         | 0          | 0               | 0.1369          |
| 8     | 1        | 0          | 0.74038462   | 0.65         | 0          | 0               | 0.4225          |
| 9     | 1.2      | 0.182322   | 0.83653846   | 0.98         | 0.17867513 | 0.03324115      | 0.9604          |
| 10    | 1.2      | 0.182322   | 0.93269231   | 1.52         | 0.27712877 | 0.03324115      | 2.3104          |
| Total | 7.1      | -5.37996   | 5            | 0.01         | 5.47886707 | 7.40669351      | 7.6593          |
|       |          |            | Index Of Fit | 2.9553595437 |            |                 |                 |

## - Komponen Welding

$$r = \frac{8(6.05) - (-5.18)(0)}{\sqrt{[8(10.922) - (10.922)^2][8(5.75) - (5.75)^2]}}$$

$$r = 2.158742$$

**Tabel 22 Index Of Fit komponen Welding (TTR)**

| i     | ti (jam) | xi = ln ti | F(ti)        | yi           | xi*yi      | xi <sup>2</sup> | yi <sup>2</sup> |
|-------|----------|------------|--------------|--------------|------------|-----------------|-----------------|
| 1     | 0.2      | -1.60944   | 0.083333     | -1.38        | 2.22102432 | 2.59029039      | 1.9044          |
| 2     | 0.2      | -1.60944   | 0.202381     | -0.85        | 1.36802223 | 2.59029039      | 0.7225          |
| 3     | 0.3      | -1.20397   | 0.321429     | -0.47        | 0.56586722 | 1.44955051      | 0.2209          |
| 4     | 0.3      | -1.20397   | 0.440476     | -0.14        | 0.16855619 | 1.44955051      | 0.0196          |
| 5     | 0.3      | -1.20397   | 0.559524     | 0.15         | -0.1805959 | 1.44955051      | 0.0225          |
| 6     | 1        | 0          | 0.678571     | 0.46         | 0          | 0               | 0.2116          |
| 7     | 2        | 0.693147   | 0.797619     | 0.83         | 0.57531216 | 0.48045301      | 0.6889          |
| 8     | 2.6      | 0.955511   | 0.916667     | 1.4          | 1.33771602 | 0.91300212      | 1.96            |
| Total | 6.9      | -5.18214   | 4            | 0            | 6.05590222 | 10.9226875      | 5.7504          |
|       |          |            | Index Of Fit | 2.1587424787 |            |                 |                 |

## - Komponen Forming

$$r = \frac{14(9.78) - (-8.34)(0)}{\sqrt{[14(15.35) - (15.35)^2][14(11.4) - (11.4)^2]}}$$

$$r = 5.52499$$

**Tabel 23 Index Of Fit komponen Forming (TTR)**

| i     | ti (jam) | xi = ln ti | F(ti)        | yi          | xi*yi      | xi <sup>2</sup> | yi <sup>2</sup> |
|-------|----------|------------|--------------|-------------|------------|-----------------|-----------------|
| 1     | 0.2      | -1.60944   | 0.048611     | -1.66       | 2.67166693 | 2.59029039      | 2.7556          |
| 2     | 0.3      | -1.20397   | 0.118056     | -1.19       | 1.43272764 | 1.44955051      | 1.4161          |
| 3     | 0.3      | -1.20397   | 0.1875       | -0.89       | 1.0715358  | 1.44955051      | 0.7921          |
| 4     | 0.3      | -1.20397   | 0.256944     | -0.65       | 0.78258232 | 1.44955051      | 0.4225          |
| 5     | 0.3      | -1.20397   | 0.326389     | -0.46       | 0.55382749 | 1.44955051      | 0.2116          |
| 6     | 0.4      | -0.91629   | 0.395833     | -0.27       | 0.2473985  | 0.83958871      | 0.0729          |
| 7     | 0.4      | -0.91629   | 0.465278     | -0.09       | 0.08246617 | 0.83958871      | 0.0081          |
| 8     | 0.4      | -0.91629   | 0.534722     | 0.09        | -0.0824662 | 0.83958871      | 0.0081          |
| 9     | 0.5      | -0.69315   | 0.604167     | 0.25        | -0.1732868 | 0.48045301      | 0.0625          |
| 10    | 0.6      | -0.51083   | 0.673611     | 0.45        | -0.2298715 | 0.26094282      | 0.2025          |
| 11    | 0.7      | -0.35667   | 0.743056     | 0.66        | -0.2354055 | 0.12721702      | 0.4356          |
| 12    | 0.8      | -0.22314   | 0.8125       | 0.89        | -0.1985978 | 0.04979304      | 0.7921          |
| 13    | 2.9      | 1.064711   | 0.881944     | 1.2         | 1.27765288 | 1.13360895      | 1.44            |
| 14    | 4.7      | 1.547563   | 0.951389     | 1.67        | 2.58442939 | 2.39494972      | 2.7889          |
| Total | 12.8     | -8.34572   | 7.0          | 0           | 9.7846594  | 15.3542231      | 11.4086         |
|       |          |            | Index Of Fit | 5.524993451 |            |                 |                 |

## • Distribusi Weibull

## - Komponen Dok Magazine

$$r = \frac{10(9.55) - (-5.37)(-5.23)}{\sqrt{[10(7.4) - (7.4)^2][10(13.9) - (13.9)^2]}}$$

$$r = 2.08058$$

**Tabel 24 Index Of Fit komponen Dok Magazine (TTR)**

| i     | ti (jam) | xi = ln ti | F(ti)        | yi           | xi*yi      | xi <sup>2</sup> | yi <sup>2</sup> |
|-------|----------|------------|--------------|--------------|------------|-----------------|-----------------|
| 1     | 0.2      | -1.60944   | 0.06730769   | -2.663843085 | 4.28729005 | 2.59029039      | 7.09605998      |
| 2     | 0.2      | -1.60944   | 0.16346154   | -1.72326315  | 2.77348505 | 2.59029039      | 2.96963589      |
| 3     | 0.4      | -0.91629   | 0.25961538   | -1.202023115 | 1.10140264 | 0.83958871      | 1.44485957      |
| 4     | 0.4      | -0.91629   | 0.35576923   | -0.821666515 | 0.75288541 | 0.83958871      | 0.67513586      |
| 5     | 0.5      | -0.69315   | 0.45192308   | -0.508595394 | 0.35253146 | 0.48045301      | 0.25866927      |
| 6     | 1        | 0          | 0.54807692   | -0.230365445 | 0          | 0               | 0.05306824      |
| 7     | 1        | 0          | 0.64423077   | 0.032924962  | 0          | 0               | 0.00108405      |
| 8     | 1        | 0          | 0.74038462   | 0.299032932  | 0          | 0               | 0.08942069      |
| 9     | 1.2      | 0.182322   | 0.83653846   | 0.593977217  | 0.10829485 | 0.03324115      | 0.35280893      |
| 10    | 1.2      | 0.182322   | 0.93269231   | 0.992688929  | 0.18098859 | 0.03324115      | 0.98543131      |
| Total | 7.1      | -5.37996   | 5            | -5.231132665 | 9.55687806 | 7.40669351      | 13.9261738      |
|       |          |            | Index Of Fit | 2.080581075  |            |                 |                 |

## - Komponen Welding

$$r = \frac{8(9.55) - (-5.18)(-4.11)}{\sqrt{[8(10.992) - (10.992)^2][8(10.46) - (10.46)^2]}}$$

$$r = 1.91824$$

**Tabel 25 Index Of Fit komponen Welding (TTR)**

| i     | ti (jam) | xi = ln ti | F(ti)        | yi           | xi*yi      | xi <sup>2</sup> | yi <sup>2</sup> |
|-------|----------|------------|--------------|--------------|------------|-----------------|-----------------|
| 1     | 0.2      | -1.60944   | 0.083333     | -2.441716399 | 3.92979094 | 2.59029039      | 5.96197897      |
| 2     | 0.2      | -1.60944   | 0.202381     | -1.486670964 | 2.39270461 | 2.59029039      | 2.21019056      |
| 3     | 0.3      | -1.20397   | 0.321429     | -0.947354424 | 1.14058896 | 1.44955051      | 0.8974804       |
| 4     | 0.3      | -1.20397   | 0.440476     | -0.543574052 | 0.65444838 | 1.44955051      | 0.29547275      |
| 5     | 0.3      | -1.20397   | 0.559524     | -0.198574256 | 0.239078   | 1.44955051      | 0.03943174      |
| 6     | 1        | 0          | 0.678571     | 0.12661497   | 0          | 0               | 0.01603135      |
| 7     | 2        | 0.693147   | 0.797619     | 0.468504666  | 0.32474269 | 0.48045301      | 0.21949662      |
| 8     | 2.6      | 0.955511   | 0.916667     | 0.910235093  | 0.86974005 | 0.91300212      | 0.82852793      |
| Total | 6.9      | -5.18214   | 4            | -4.11253365  | 9.55109364 | 10.9226875      | 10.4686103      |
|       |          |            | Index Of Fit | 1.9182409957 |            |                 |                 |

- Komponen *Forming*

$$r = \frac{14(15.39) - (-8.34)(-7.48)}{\sqrt{[14(15.35) - (15.35)^2][14(21.04) - (21.04)^2]}}$$

$$r = 2.7556$$

**Tabel 26 Index Of Fit komponen *Forming* (TTR)**

| i            | ti (jam) | xi = ln ti | F(ti)    | yi           | xi*yi      | xi²        | yi²        |
|--------------|----------|------------|----------|--------------|------------|------------|------------|
| 1            | 0.2      | -1.60944   | 0.048611 | -2.999090431 | 4.82684984 | 2.59029039 | 8.99454341 |
| 2            | 0.3      | -1.20397   | 0.118056 | -2.074444344 | 2.49757457 | 1.44955051 | 4.30331933 |
| 3            | 0.3      | -1.20397   | 0.1875   | -1.571952527 | 1.89258809 | 1.44955051 | 2.47103475 |
| 4            | 0.3      | -1.20397   | 0.256944 | -1.214075448 | 1.46171382 | 1.44955051 | 1.47397919 |
| 5            | 0.3      | -1.20397   | 0.326389 | -0.928610507 | 1.1180218  | 1.44955051 | 0.86231747 |
| 6            | 0.4      | -0.91629   | 0.395833 | -0.685367162 | 0.62799558 | 0.83958871 | 0.46972815 |
| 7            | 0.4      | -0.91629   | 0.465278 | -0.468392324 | 0.42918355 | 0.83958871 | 0.21939137 |
| 8            | 0.4      | -0.91629   | 0.534722 | -0.267721706 | 0.24531092 | 0.83958871 | 0.07167491 |
| 9            | 0.5      | -0.69315   | 0.604167 | -0.076058454 | 0.0527197  | 0.48045301 | 0.00578489 |
| 10           | 0.6      | -0.51083   | 0.673611 | 0.113030157  | -0.0577387 | 0.26094282 | 0.01277582 |
| 11           | 0.7      | -0.35667   | 0.743056 | 0.306672154  | -0.1093823 | 0.12721702 | 0.09404781 |
| 12           | 0.8      | -0.22314   | 0.8125   | 0.515201894  | -0.114964  | 0.04979304 | 0.26543299 |
| 13           | 2.9      | 1.064711   | 0.881944 | 0.75921576   | 0.80834517 | 1.13360895 | 0.57640857 |
| 14           | 4.7      | 1.547563   | 0.951389 | 1.106548431  | 1.71245287 | 2.39494972 | 1.22444943 |
| Total        | 12.8     | -8.34572   | 7        | -7.485044506 | 15.390671  | 15.3542231 | 21.0448881 |
| Index Of Fit |          |            |          | 2.75560763   |            |            |            |

Didapatkan hasil perhitungan dari least square curve fitting untuk setiap distribusi dengan index of fit tertinggi untuk TTR (*time to repair*) yaitu komponen dok *magazine* dengan distribusi lognormal, *welding* dengan distribusi lognormal, dan *forming* dengan distribusi lognormal ditunjukkan tabel berikut :

**Tabel 27 Hasil Index Of Fit (TTR)**

| Komponen     | Index Of Fit            |                      |                    |
|--------------|-------------------------|----------------------|--------------------|
|              | Distribusi Eksponensial | Distribusi Lognormal | Distribusi Weibull |
| Dok Magazine | 0.6636439626            | 2.9553595437         | 2.080581075        |
| Welding      | 0.9552625454            | 2.1587424787         | 1.9182409957       |
| Forming      | 0.5377813081            | 5.524993451          | 2.75560763         |

**Pengujian Goodness Of Fit Test Untuk Time To Repair (TTR)**

Setelah diperoleh nilai *index of fit* dari setiap distribusi untuk setiap komponen maka harus dilakukan pengujian terlebih dahulu agar dapat dipastikan kesesuaian datanya. Dengan pengujian *Kolmogorov-Smirnov test*,  $\alpha = 0.05$  untuk menguji distribusi lognormal, perhitungan *goodness of fit test* untuk tiap komponen untuk TTR (*time to repair*) sebagai berikut :

• *Goodness of fit test* komponen dok *magazine* (TTR)

Digunakan distribusi Lognormal dengan uji kesesuaian *Kolmogorov-Smirnov test* menggunakan aplikasi SPSS,  $\alpha = 0.05$  dimana,

Ho : Data berdistribusi lognormal

Hi : Data tidak berdistribusi lognormal

Taraf nyata  $\alpha : 0.05$ 

Wilayah kritik : tolak Ho bila Dhitung &gt; Dtabel

Dengan menggunakan tabel *Kolmogorov-Smirnov*

test : Untuk  $n = 10$  dan  $\alpha = 0.05$ , maka Dtabel = 0.40925

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

|                                  |                |                   |
|----------------------------------|----------------|-------------------|
| VAR00001                         |                |                   |
| N                                |                | 10                |
| Normal Parameters <sup>a,b</sup> | Mean           | .7100             |
|                                  | Std. Deviation | .40675            |
| Most Extreme Differences         | Absolute       | .262              |
|                                  | Positive       | .197              |
|                                  | Negative       | -.262             |
| Test Statistic                   |                | .262              |
| Asymp. Sig. (2-tailed)           |                | .050 <sup>c</sup> |

**Gambar 3 Kolmogorov Smirnov Test Dok Magazine**

Dari hasil pengujian didapatkan Dhitung(0.262) < Dtabel (0.40925) maka Ho diterima dan data dinyatakan berdistribusi lognormal.

• *Goodness of fit test* komponen *welding* (TTR)

Digunakan distribusi Lognormal dengan uji kesesuaian *Kolmogorov-Smirnov test* menggunakan aplikasi SPSS,  $\alpha = 0.05$  dimana,

Ho : Data berdistribusi lognormal

Hi : Data tidak berdistribusi lognormal

Taraf nyata  $\alpha : 0.05$ 

Wilayah kritik : tolak Ho bila Dhitung &gt; Dtabel

Dengan menggunakan tabel *Kolmogorov-Smirnov*

test : Untuk  $n = 8$  dan  $\alpha = 0.05$ , maka Dtabel = 0.4542

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

|                                  |                |                   |
|----------------------------------|----------------|-------------------|
| VAR00001                         |                |                   |
| N                                |                | 8                 |
| Normal Parameters <sup>a,b</sup> | Mean           | .8625             |
|                                  | Std. Deviation | .93799            |
| Most Extreme Differences         | Absolute       | .351              |
|                                  | Positive       | .351              |
|                                  | Negative       | -.240             |
| Test Statistic                   |                | .351              |
| Asymp. Sig. (2-tailed)           |                | .004 <sup>c</sup> |

**Gambar 4 Kolmogorov Smirnov Test Welding**

Dari hasil pengujian didapatkan Dhitung(0.351) < Dtabel (0.45427) maka Ho diterima dan data dinyatakan berdistribusi lognormal.

• *Goodness of fit test* komponen *forming* (TTR)

Digunakan distribusi Lognormal dengan uji kesesuaian *Kolmogorov-Smirnov test* menggunakan aplikasi SPSS,  $\alpha = 0.05$  dimana,

Ho : Data berdistribusi lognormal

Hi : Data tidak berdistribusi lognormal

Taraf nyata  $\alpha : 0.05$ 

Wilayah kritik : tolak Ho bila Dhitung &gt; Dtabel

Dengan menggunakan tabel *Kolmogorov-Smirnov*

test : Untuk  $n = 14$  dan  $\alpha = 0.05$ , maka  $D_{tabel} =$

0.3489

Standar Deviasi = 1.2835

$F(Y_i) = 0.288$

$$D1 = F(Y_i) - \frac{i-1}{n} = 0.288 - \frac{1}{14} = 0.288$$

$$D2 = \frac{i}{n} - F(Y_i) = \frac{1}{14} - 0.288 = -0.217$$

**Tabel 27 Kolmogorov Smirnov Test Forming**

| i         | Y        | F(Y <sub>i</sub> ) | F(Y <sub>i</sub> )-(i-1)/N | (i/N)-F(Y <sub>i</sub> ) |
|-----------|----------|--------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1         | 0.2      | 0.288935           | 0.288935467                | -0.217507                |
| 2         | 0.3      | 0.156729           | 0.056728997                | -0.013872                |
| 3         | 0.3      | 0.156729           | -0.043271003               | 0.0575567                |
| 4         | 0.3      | 0.156729           | -0.143271003               | 0.1289853                |
| 5         | 0.3      | 0.156729           | -0.243271003               | 0.2004139                |
| 6         | 0.4      | 0.222988           | -0.277012007               | 0.2055834                |
| 7         | 0.4      | 0.222988           | -0.377012007               | 0.277012                 |
| 8         | 0.4      | 0.222988           | -0.477012007               | 0.3484406                |
| 9         | 0.5      | 0.302826           | -0.497173682               | 0.3400308                |
| 10        | 0.6      | 0.393412           | -0.50658798                | 0.3208737                |
| 11        | 0.7      | 0.490193           | -0.509807082               | 0.2955214                |
| 12        | 0.8      | 0.587558           | -0.512442397               | 0.2695853                |
| 13        | 2.9      | 1                  | -0.200000036               | -0.071429                |
| 14        | 4.7      | 1                  | -0.3                       | 0                        |
| Total     | 12.8     | 5.358804           | -3.741195744               | 2.1411957                |
| Rata rata | 0.914286 |                    |                            |                          |
| Std Dev   | 1.283539 |                    |                            |                          |
| D hitung  | 0.348441 |                    |                            |                          |

Dari hasil pengujian didapatkan  $D_{hitung}(0.348411) < D_{tabel}(0.3489)$  maka  $H_0$  diterima dan data dinyatakan berdistribusi lognormal.

**Perhitungan parameter time to failure (TTF) dan time to repair (TTR)**

- Perhitungan parameter *time to failure* (TTF)

- Komponen *Dok Magazine* (Lognormal)  
Perhitungan intersep (a), gradient (b), parameter bentuk (s), dan parameter lokasi (tmed)

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

$$b = \frac{9(4.08273) - (37.4389)(0)}{9(158.5837) - (37.4389)^2} = 1.43634$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 0 - (1.43634)(4.15987) = -5.975$$

$$s = \frac{1}{b} = \frac{1}{1.43634} = 0.69621398$$

$$t_{med} = e^{-sa} = e^{-(0.6962(-5.975))} = e^{4.149795}$$

$$t_{med} = 64.058389284 \text{ jam}$$

- Komponen *Welding* (Weibull)  
Perhitungan intersep (a), gradient (b), parameter bentuk ( $\beta$ ), dan parameter skala ( $\theta$ )

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

$$b = \frac{7(-4.1545) - (26.0998)(-3.5564)}{7(109.625) - (26.0998)^2} = 0.73965$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = (-0.508) - (0.739)(3.728)$$

$$a = -3.262992$$

$$\beta = b = 0.73965$$

$$\theta = e^{-\left(\frac{a}{b}\right)} = e^{-\left(\frac{-3.262992}{0.73965}\right)} = e^{4.411} = 82.39585 \text{ jam}$$

- Komponen *Forming* (Lognormal)  
Perhitungan intersep (a), gradient (b), parameter bentuk (s), dan parameter lokasi (tmed)

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

$$b = \frac{13(15.033) - (51.9)(0)}{13(229.727) - (51.9)^2} = 0.667355$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 0 - (0.66735)(3.9926) = -2.6644$$

$$s = \frac{1}{b} = \frac{1}{0.667355} = 1.49845$$

$$t_{med} = e^{-sa} = e^{-(1.49845)(-2.6644)} = e^{3.99247}$$

$$t_{med} = 54.18899 \text{ jam}$$

- Perhitungan parameter *time to repair* (TTR)

- Komponen *Dok Magazine* (Lognormal)  
Perhitungan intersep (a), gradient (b), parameter bentuk (s), dan parameter lokasi (tmed)

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

$$b = \frac{10(5.4788) - (-5.379)(0)}{10(7.4066) - (-5.379)^2} = 0.531874$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 0 - (0.5318)(-0.538) = 0.286146$$

$$s = \frac{1}{b} = \frac{1}{0.531874} = 1.8801445$$

$$t_{med} = e^{-sa} = e^{-(1.88)(0.286)} = e^{-0.53768}$$

$$t_{med} = 0.5841 \text{ jam}$$

- Komponen *Welding* (Lognormal)  
Perhitungan intersep (a), gradient (b), parameter bentuk (s), dan parameter lokasi (tmed)

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

$$b = \frac{8(6.0559) - (-5.182)(0)}{8(10.922) - (-5.182)^2} = 0.424123$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 0 - (0.4241)(-0.6477) = 0.2747$$

$$s = \frac{1}{b} = \frac{1}{0.424123} = 2.3578$$

$$t_{med} = e^{-sa} = e^{-(2.3578)(0.2747)} = e^{-0.647689}$$

$$t_{med} = 0.523254 \text{ jam}$$

- Komponen *Forming* (Lognormal)  
Perhitungan intersep (a), gradient (b), parameter bentuk (s), dan parameter lokasi (tmed)

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

$$b = \frac{14(9.7846) - (-8.345)(0)}{14(15.3542) - (-8.345)^2} = 0.481326$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 0 - (0.48132)(-0.5961) = 0.2869$$

$$s = \frac{1}{b} = \frac{1}{0.481326} = 2.07759$$

$$t_{med} = e^{-sa} = e^{-(2.07759)(0.2869)} = e^{-0.59606}$$

$$t_{med} = 0.5509 \text{ jam}$$

**Perhitungan mean time to failure (MTTF) dan mean time to repair (MTTR)**

Setelah dilakukan perhitungan parameter *time to failure* (TTF) dan *time to repair* (TTR) didapatkan

parameter yang diperlukan untuk perhitungan *mean time to failure* (MTTF) dan *mean time to repair* (MTTR) pada komponen dok *magazine*, *welding*, dan *forming* sesuai dengan distribusi masing masing komponen sebagai berikut :

- Komponen dok *magazine* dengan MTTF distribusi lognormal dan MTTR distribusi lognormal

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

$$MTTF = 64.058389284 \times e^{0.69621^2/2}$$

$$MTTF = 64.0583892 \times 1.2742489 = 81.6263358 \text{ jam}$$

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

$$MTTR = 0.5841 \times e^{1.8801445^2/2}$$

$$MTTR = 0.5841 \times 5.8560286 = 3.4205063394 \text{ jam}$$

- Komponen *welding* dengan MTTF distribusi weibull dan MTTR distribusi lognormal

$$MTTF = \theta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) = 82.39595 \Gamma \left( 1 + \frac{1}{0.73965} \right)$$

$$MTTF = 82.39595 \times 1.20455789 = 99.25069167 \text{ jam}$$

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

$$MTTR = 0.523254 \times e^{2.3578^2/2}$$

$$MTTR = 0.523254 \times 16.112742 = 8.43105697 \text{ jam}$$

- Komponen *forming* dengan MTTF distribusi lognormal dan MTTR distribusi lognormal

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

$$MTTF = 54.18899 \times e^{1.49845^2/2}$$

$$MTTF = 54.18899 \times 3.0730673 = 166.526416 \text{ jam}$$

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

$$MTTR = 0.5509 \times e^{2.07759^2/2}$$

$$MTTR = 0.5509 \times 8.65545799 = 4.7682918 \text{ jam}$$

#### Perhitungan Keandalan (*Reliability*) Komponen

Perhitungan keandalan (*reliability*) dilakukan untuk mengetahui probabilitas kinerja dari ketiga komponen dengan nilai RPN (*risk priority number*) tertinggi untuk memenuhi fungsi yang diharapkan dengan perhitungan keandalan (*reliability*) komponen sebagai berikut :

- Keandalan (*reliability*) komponen dok *magazine*, dengan MTTF berdistribusi lognormal

$$t = 81.6263358 \text{ jam}$$

$$s = 0.69621$$

$$t_{med} = 64.0583892 \text{ jam}$$

$$R(t) = 1 - \phi \left[ \frac{1}{s} \ln \left( \frac{t}{t_{med}} \right) \right]$$

$$R(t) = 1 - \phi \left[ \frac{1}{0.69621} \ln \left( \frac{81.6263358}{64.0583892} \right) \right]$$

$$R(t) = 1 - (0.6342), \text{ didapatkan dari tabel Z}$$

$$R(t) = 0.3658 = 36.58 \%$$

- Keandalan (*reliability*) komponen *welding*, dengan MTTF berdistribusi weibull

$$e = 2.718$$

$$t = 99.25069167 \text{ jam}$$

$$\beta = 0.73965$$

$$\theta = 82.39595 \text{ jam}$$

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

$$R(t) = e^{-\left(\frac{99.25069167}{82.39595}\right)^{0.73965}} = 0.3174 = 31.74 \%$$

- Keandalan (*reliability*) komponen *forming*, dengan MTTF berdistribusi lognormal

$$t = 166.526416 \text{ jam}$$

$$s = 1.49845$$

$$t_{med} = 54.18899 \text{ jam}$$

$$R(t) = 1 - \phi \left[ \frac{1}{s} \ln \left( \frac{t}{t_{med}} \right) \right]$$

$$R(t) = 1 - \phi \left[ \frac{1}{1.49845} \ln \left( \frac{166.526416}{54.18899} \right) \right]$$

$$R(t) = 1 - (0.765), \text{ didapatkan dari tabel Z}$$

$$R(t) = 0.235 = 23.5 \%$$

#### Menentukan Usulan Interval Perawatan Komponen

Penentuan interval waktu perawatan komponen digunakan tabel hubungan keandalan (*reliability*) dengan interval waktu perawatan komponen, dimana sistem dikatakan andal pada rentang 60% – 80%, maka dilakukan usulan interval perawatan komponen pada keandalan (*reliability*) 60% karena sistem sudah dikatakan andal meskipun dalam batas minimal. Selain itu, pada tabel hubungan keandalan dengan interval waktu perawatan komponen juga disertakan usulan interval waktu perawatan komponen dengan nilai keandalan lain sehingga pihak industri dapat memilih interval waktu perawatan lain dengan nilai keandalan bervariasi. Namun semakin tinggi nilai keandalan maka interval perawatan komponen juga semakin pendek dimana akan menambah waktu yang dibutuhkan untuk maintenance dan penambahan biaya perawatan. Komponen yang dilakukan usulan interval perawatan komponen tersebut adalah dok *magazine*, *welding*, dan *forming* pada mesin FBB Can Body Maker line 1 yang ada di PT. IMCP dilakukan melalui perhitungan sebagai berikut :

- Komponen dok *magazine*

Interval waktu perawatan komponen dok *magazine* pada t 81.62 jam tersebut merupakan interval dengan keandalan 36.58%, usulan interval waktu perawatan komponen pada keandalan (*reliability*) 60% yaitu selama 53.81 jam seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini :

**Tabel 28** Interval perawatan Komponen Dok *Magazine*

| Tabel Keandalan (Reliability) Komponen Dok <i>Magazine</i> |          |            |                  |         |        |                |
|------------------------------------------------------------|----------|------------|------------------|---------|--------|----------------|
| t                                                          | t/tmed   | ln(t/tmed) | (1/s)*ln(t/tmed) | Z tabel | R(t)   | s = 0.69621    |
| 30                                                         | 0.468323 | -0.7586    | -1.089608343     | 0.139   | 0.861  | tmed = 64.0583 |
| 40                                                         | 0.624431 | -0.47091   | -0.676396708     | 0.2515  | 0.7485 |                |
| 44.6                                                       | 0.696241 | -0.36206   | -0.520043876     | 0.3     | 0.7    |                |
| 50                                                         | 0.780539 | -0.24777   | -0.355884863     | 0.3631  | 0.6369 |                |
| 53.81                                                      | 0.840016 | -0.17433   | -0.250404738     | 0.4     | 0.6    |                |
| 60                                                         | 0.936647 | -0.06545   | -0.094007618     | 0.4482  | 0.5518 |                |
| 70                                                         | 1.092755 | 0.088702   | 0.127406437      | 0.549   | 0.451  |                |
| 81.6263                                                    | 1.27425  | 0.242358   | 0.348110351      | 0.6342  | 0.3658 |                |
| 90                                                         | 1.40497  | 0.340016   | 0.488381471      | 0.6844  | 0.3156 |                |

- Komponen *Welding*

Interval waktu perawatan komponen *welding* pada t 99.25 jam tersebut merupakan interval dengan keandalan 31.74%, usulan interval waktu perawatan komponen pada keandalan (*reliability*) 60% yaitu selama 33.2 jam seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini :

**Tabel 29** Interval perawatan Komponen *Welding*

| Tabel Keandalan Komponen <i>Welding</i> |          |          |              |  |
|-----------------------------------------|----------|----------|--------------|--|
| t                                       | t/θ      | R(t)     | e = 2.718    |  |
| 20                                      | 0.24273  | 0.704066 | θ = 82.39595 |  |
| 33.2                                    | 0.402932 | 0.600217 | β = 0.73965  |  |
| 40                                      | 0.485461 | 0.556608 |              |  |
| 50                                      | 0.606826 | 0.501059 |              |  |
| 60                                      | 0.728191 | 0.453483 |              |  |
| 70                                      | 0.849556 | 0.412177 |              |  |
| 80                                      | 0.970922 | 0.375947 |              |  |
| 99.25                                   | 1.204549 | 0.317443 |              |  |
| 110                                     | 1.335017 | 0.289922 |              |  |

- Komponen *Forming*

Interval waktu perawatan komponen *forming* pada t 166.52 jam tersebut merupakan interval dengan keandalan 23.5%, usulan interval waktu perawatan komponen pada keandalan (*reliability*) 60% yaitu selama 37.25 jam seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini :

**Tabel 30** Interval perawatan Komponen *Forming*

| Tabel Keandalan (Reliability) Komponen <i>Forming</i> |          |            |                  |         |       |                 |
|-------------------------------------------------------|----------|------------|------------------|---------|-------|-----------------|
| t                                                     | t/tmed   | ln(t/tmed) | (1/s)*ln(t/tmed) | Z tabel | R(t)  | s = 1.49845     |
| 25                                                    | 0.461348 | -0.7736    | -0.516268095     | 0.3     | 0.7   | tmed = 54.18899 |
| 30                                                    | 0.553618 | -0.59128   | -0.394594661     | 0.348   | 0.652 |                 |
| 37.25                                                 | 0.687409 | -0.37483   | -0.250142351     | 0.4     | 0.6   |                 |
| 40                                                    | 0.738157 | -0.3036    | -0.202608227     | 0.42    | 0.58  |                 |
| 60                                                    | 1.107236 | 0.101867   | 0.067981455      | 0.524   | 0.476 |                 |
| 100                                                   | 1.845393 | 0.612692   | 0.408884137      | 0.654   | 0.346 |                 |
| 140                                                   | 2.583551 | 0.949165   | 0.633430993      | 0.731   | 0.269 |                 |
| 166.5264                                              | 3.073067 | 1.122676   | 0.749224935      | 0.765   | 0.235 |                 |
| 180                                                   | 3.321708 | 1.200479   | 0.801147252      | 0.778   | 0.222 |                 |

## Menentukan tindakan perawatan mesin yang harus dilakukan untuk mengatasi failure

Dari hasil analisis dengan metode FMEA didapatkan tiga komponen dengan nilai RPN tertinggi pada mesin FBB can body maker line 1 yaitu komponen dok *magazine* dengan nilai RPN 141, komponen *welding* dengan nilai RPN 130, dan komponen *forming* dengan nilai RPN 126. Tindakan yang perlu dilakukan untuk tiga komponen tersebut berdasarkan hasil analisis RCM *decision worksheet* dapat dilihat pada tabel dibawah ini yang menunjukkan kegiatan perawatan yang disarankan dan interval perawatan yang optimal dengan keandalan (*reliability*) 60% sebagai berikut :

**Tabel 31** Kegiatan Perawatan yang disarankan dan interval waktu perawatan optimal

| Komponen     | Jenis Kerusakan                                 | Kegiatan Perawatan          | Interval Perawatan |
|--------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| Dok Magazine | Roller magazine miring                          | scheduled restoration task  | 53.81 jam          |
|              | Bearing skidder aus                             | scheduled discard task      |                    |
|              | Selang vacuum usang                             | scheduled discard task      |                    |
|              | Setting robotic pemindah plat ke magazine error | scheduled restoration task  |                    |
|              | Dok rusak                                       | scheduled discard task      |                    |
|              | Longshort dok lepas                             | scheduled restoration task  |                    |
|              | Magazine belt vacuum lepas                      | scheduled discard task      |                    |
|              | Dok chain rusak (aus)                           | scheduled on condition task |                    |
| Welding      | Welding roll bergeser                           | scheduled restoration task  | 33.2 jam           |
|              | Over temperature cooling water                  | scheduled discard task      |                    |
|              | Selang saluran pendingin bocor                  | scheduled restoration task  |                    |
|              | Isolasi roll filler aus                         | scheduled discard task      |                    |
|              | Selang filter tandon cooling water aus (usang)  | scheduled discard task      |                    |
| Forming      | Bearing roll filler macet                       | scheduled on condition task | 37.25 jam          |
|              | Bearing macet                                   | scheduled on condition task |                    |
|              | Beltroll forming aus dan putus                  | scheduled discard task      |                    |
|              | Bushing roller aus                              | scheduled discard task      |                    |
|              | Roll forming aus                                | scheduled discard task      |                    |

- Komponen Dok *Magazine*

Memiliki interval perawatan komponen 53.81 jam dilakukan tindakan *scheduled restoration task* dimana diperlukan tindakan maintenance secara terjadwal untuk mencegah berhentinya proses produksi lebih lama dari saat perbaikan ketika komponen mengalami kerusakan dan juga dilakukan tindakan *scheduled discard task* dengan melakukan pengecekan dan pergantian komponen secara terjadwal untuk mencegah kerusakan komponen lebih parah.

- Komponen *Welding*

Memiliki interval perawatan komponen 33.2 jam dilakukan tindakan *scheduled discard task* dengan melakukan pengecekan dan pergantian *part* komponen secara terjadwal untuk mencegah kerusakan komponen yang lebih parah.

- Komponen *Forming*

Memiliki interval perawatan komponen 37.25 jam dilakukan tindakan *scheduled discard task* dengan melakukan pengecekan dan pergantian part komponen secara terjadwal untuk mencegah kerusakan komponen yang lebih parah.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian *preventive maintenance* mesin FBB Can Body Maker dengan metode RCM di PT IMCP adalah sebagai berikut :

- Nilai keandalan (*reliability*) dari tiga komponen dengan nilai RPN terbesar dari mesin yang memiliki persentase *downtime* terbesar yaitu FBB can body maker line 1 diantaranya komponen dok *magazine* dengan nilai RPN 141 memiliki nilai keandalan (*reliability*) sebesar 0.3658 atau 36.58 %, komponen *welding* dengan nilai RPN 130 memiliki nilai keandalan (*reliability*) sebesar 0.3174 atau 31.74 %, dan komponen *forming* dengan nilai RPN 126 memiliki nilai keandalan (*reliability*) sebesar 0.235 atau 23.5 %
- Interval waktu perawatan (*maintenance*) dari tiga komponen dengan nilai RPN terbesar dari mesin yang memiliki persentase *downtime* terbesar yaitu FBB can body maker line 1 diantaranya komponen dok *magazine* dengan *reliability* 60% memiliki interval waktu perawatan (*maintenance*) selama 53.81 jam, komponen *welding* dengan keandalan 60% memiliki interval waktu perawatan (*maintenance*) selama 33.2 jam, dan komponen *forming* dengan keandalan 60% memiliki interval waktu perawatan (*maintenance*) selama 37.25 jam
- Tindakan perawatan (*maintenance*) dari mesin yang memiliki persentase *downtime* terbesar yaitu FBB can body maker line 1 memiliki tiga komponen dengan nilai RPN terbesar dari metode FMEA dan kegiatan perawatan yang disarankan dari analisis RCM decision worksheet didapatkan komponen dok *magazine* dengan interval waktu perawatan

komponen 53.81 jam dilakukan tindakan *scheduled restoration task* dimana diperlukan tindakan *maintenance* secara terjadwal untuk mencegah berhentinya proses produksi lebih lama dibanding saat perbaikan ketika komponen mengalami kerusakan dan juga dilakukan tindakan *scheduled discard task* dengan melakukan pengecekan dan pergantian komponen secara terjadwal untuk mencegah kerusakan komponen yang dapat menghambat proses produksi, pada komponen *welding* dengan interval waktu perawatan komponen 33.2 jam dilakukan tindakan *scheduled discard task* dengan melakukan pengecekan dan pergantian part komponen secara terjadwal untuk mencegah kerusakan komponen, dan pada komponen *forming* dengan interval waktu perawatan komponen 37.25 jam dilakukan tindakan *scheduled discard task* dengan melakukan pengecekan dan pergantian part komponen secara terjadwal untuk mencegah kerusakan komponen agar tidak menghambat proses produksi.

### Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian ini saran yang dapat disampaikan sebagai berikut :

- Untuk mesin dan komponen yang masih dilakukan *breakdown maintenance* diharapkan agar dapat dilakukan *preventive maintenance* secara intensif untuk mencegah kerusakan part komponen yang dapat menghambat proses produksi
- Penelitian ini perlu diteruskan agar tidak hanya mesin FBB can body maker line 1 dan tiga komponen yang memiliki RPN tertinggi saja melainkan seluruh komponen yang mengalami kerusakan dapat dilakukan *preventive maintenance* dan analisa dengan metode RCM sehingga dapat diketahui keandalan komponen, interval perawatan komponen, dan tindakan perawatan yang harus dilakukan untuk mengatasi dan mencegah terjadinya kerusakan (*failure*).

### Daftar Pustaka

Moubray, John. 1992. *Reliability Centered Maintenance*. Industrial Press Inc. New York.

Moubray, Jhon. 1997. *Reliability Centered Maintenance*. Industrial Press Inc. New York.

Baroto, Teguh. 2003. Pengantar Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Malang.

IMCP. 2020. Modul Perawatan Mesin Produksi. Surabaya : PT Indonesia Multi Colour Printing.

Patrick, O. 2001. *Practical Reliability Engineering*. Fourth Edition. New Jersey : John Willey & Sons, Ltd.

Bangun, Irawan Harnadi. Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi Dengan Menggunakan Metode RCM II Pada Mesin *Blowing* Om, Jurnal Teknik Industri, Hal.997 – 1008, Universitas Brawijaya, Malang.

Priyanta, D. 2000. Keandalan dan Perawatan. Surabaya : ITS.

Afey. I. H. 2010. *Reliability Centered Maintenance Methodology and Application : A Case Study*. Scientific Research, Engineering. 2 : 863 – 873.

Dhamayanti, Destina Surya. 2016. Usulan *Preventive Maintenance* Dengan Menggunakan *Reliability Centered Maintenance* II dan *Risk Based Maintenance*. Jurnal Rekayasa Sistem dan Industri, Vol. 3, No. 2, Hal. 31 - 37, Universitas Telkom.

Sari, Diana Puspita. 2016. Evaluasi Manajemen Perawatan Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* II Pada Mesin *Blowing* I Di Plant I PT. Pisma Putra *Textile*. Jurnal Teknik Industri, Vol. XI, No. 2, Hal. 73 – 80. Universitas Diponegoro.

Pratama, Ahmad Nizar. 2014. Perancangan Aktivitas Pemeliharaan Dengan *Reliability Centered Maintenance* II. Jurnal Teknik. Hal. 1 – 6, ITS.