

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Pengumpulan Data.

Sampel penelitian ini adalah Mesin Pembersih Katoda yang terdapat pada bagian unit pemurnian tembaga di PT Anonimous. Mesin ini memiliki frekuensi kerusakan yang cukup tinggi sehingga mengganggu kelancaran proses produksi pemurnian tembaga.

Adapun data-data yang dikumpulkan dan diperlukan untuk pemecahan masalah tersebut adalah :

1. Data waktu kerusakan Mesin Pembersih Katoda.

Table 4.1. Data waktu kerusakan Mesin Pembersih Katoda.

| Parts/Device | 13-Jan | 13-Feb | 13-Mar | 13-Apr | Mei-13 | 13-Jun | 13-Jul | 13-Ags | 13-Sep | Okt-13 | Nop-13 | Des-13 | Total |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Hydraulic unit | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:46:00 | 0:00:00 | 0:46:00 |
| Charging Trolley | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 1:30:00 | 0:00:00 | 1:41:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 2:33:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 5:44:00 |
| Receiving Conveyor | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 |
| Washing Conveyor | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 1:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 1:00:00 |
| TD1/2/3 | 0:10:00 | 0:12:00 | 0:00:00 | 0:37:00 | 1:19:00 | 0:30:00 | 0:36:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 2:11:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 5:35:00 |
| Chiseling device | 2:06:00 | 1:17:00 | 2:10:00 | 2:22:00 | 0:45:00 | 0:40:00 | 2:25:00 | 1:36:00 | 1:45:00 | 2:45:00 | 1:06:00 | 0:12:00 | 19:09:00 |
| Flexing Device | 0:15:00 | 0:33:00 | 0:35:00 | 0:15:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 2:27:00 | 0:52:00 | 0:12:00 | 0:42:00 | 0:17:00 | 1:14:00 | 7:22:00 |
| Traverse Conveyor | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 2:29:00 | 0:00:00 | 0:16:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 2:45:00 |
| Stacking device | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:28:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:31:00 | 0:00:00 | 2:17:00 | 3:16:00 |
| Down ender | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:45:00 | 0:00:00 | 0:15:00 | 0:00:00 | 0:58:00 | 0:00:00 | 1:00:00 | 0:00:00 | 1:19:00 | 0:22:00 | 4:39:00 |
| Descender | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:40:00 | 0:15:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:55:00 |
| Feed Out Conveyor | 0:00:00 | 1:30:00 | 2:03:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:45:00 | 0:00:00 | 4:18:00 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Reject Conveyor | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:50:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:50:00 |
| Stack Conveyor | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 |
| Strapping unit | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 |

Sumber data maintenance PT. Anonimous tahun 2013

2. Data waktu kerusakan Chisseling device

Table 4.2. Data waktu kerusakan Chisseling device

| Parts/Device | 13-Jan | 13-Feb | 13-Mar | 13-Apr | Mei-13 | 13-Jun | 13-Jul | Agust-13 | 13-Sep | Okt-13 | Nop-13 | Des-13 | Total |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Hydraulic Cylinder | 1:35:00 | 1:17:00 | 1:25:00 | 1:40:00 | 0:20:00 | 0:15:00 | 1:35:00 | 0:50:00 | 1:00:00 | 0:50:00 | 0:46:00 | 0:00:00 | 11:33:00 |
| Guide rod | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:25:00 | 0:00:00 | 0:20:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:45:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 1:30:00 |
| Bushing | 0:20:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:42:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:30:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 1:32:00 |
| Clamping Spring | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:46:00 | 0:00:00 | 0:15:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 1:01:00 |
| Floating Connector | 0:11:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:25:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:20:00 | 0:00:00 | 0:56:00 |
| Blade | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:45:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:00:00 | 0:40:00 | 0:00:00 | 0:45:00 | 0:25:00 | 0:00:00 | 0:12:00 | 1:47:00 |
| Total | 2:06:00 | 1:17:00 | 2:10:00 | 2:22:00 | 0:45:00 | 0:40:00 | 2:25:00 | 1:36:00 | 1:45:00 | 2:45:00 | 1:06:00 | 0:12:00 | 19:09:00 |

Sumber data maintenance PT. Anonimous tahun 2013

3. Data Frekuensi kerusakan komponen Chisseling device

Table 4.3. Data Frekuensi kerusakan komponen Chisseling device

| Nama Komponen | Frekuensi Kejadian |
|--------------------|--------------------|
| Hydraulic Cylinder | 16 |
| Guide rod | 3 |
| Bushing | 3 |
| Clamping Spring | 2 |
| Floating Connector | 3 |
| Blade | 5 |
| Total | 32 |

Sumber data maintenance PT. Anonimous tahun 2013

4. Data waktu downtime perbaikan kerusakan komponen Hidraulik cylinder.

Table 4.4. Data waktu downtime perbaikan kerusakan komponen Hidraulik cylinder.

| NO | BULAN | Down Time perbaikan kerusakan | |
|----|--------------|-------------------------------|-----------|
| | | Jam | Frekuensi |
| 1 | Januari '13 | 1.35 | 2 |
| 2 | Februari '13 | 1.17 | 1 |
| 3 | Maret '13 | 1.25 | 2 |
| 4 | April '13 | 1.4 | 2 |
| 5 | Mei '13 | 0.2 | 1 |
| 6 | Juni '13 | 0.15 | 1 |

| | | | |
|-----------|----------------------|-------------|----------|
| 7 | Juli '13 | 1.35 | 2 |
| 8 | Agustus '13 | 0.5 | 1 |
| 9 | September '13 | 1 | 1 |
| 10 | Oktober '13 | 0.5 | 1 |
| 11 | November '13 | 0.46 | 1 |

Sumber data maintenance PT. Anonimous tahun 2013

5. Data waktu downtime penggantian pencegahan komponen Hidraulik cylinder.

Untuk mendapatkan data waktu downtime penggantian pencegahan (T_p) didapatkan dengan menanyakan langsung pada bagian maintenance karena selama ini tidak ada catatan mengenai data waktu penggantian pencegahan. Berapa lama waktu yang kiranya dibutuhkan bila dilakukan pekerjaan penggantian komponen kritis, mulai dari kegiatan pembongkaran dan pemasangan kembali komponen tersebut.

Dalam hal ini digunakan asumsi, antara lain :

- Komponen pengganti telah siap pada saat akan dilakukan kegiatan penggantian.
- Teknisi yang melakukan penggantian telah berpengalaman, sehingga tidak mengalami kesulitan dalam membongkar dan memasang kembali komponen tersebut.

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari bagian maintenance, lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan penggantian pencegahan adalah 30 menit atau 0.5 jam, sehingga bila dalam satuan hari maka :

$$\frac{0.5 \text{ jam}}{24 \text{ jam/hari}} = 0.021 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan penggantian pencegahan (T_p) = 0.021 hari.

6. Data waktu antar kerusakan komponen Hidraulik cylinder .

Table 4.5. Data waktu antar kerusakan komponen Hidraulik cylinder

| NO | Bulan | Rentan Waktu antar kerusakan komponen (hari) |
|-----------|------------------|---|
| 1 | 5 Januari '13 | 0 |
| 2 | 24 Januari '13 | 19 |
| 3 | 12 Februari '13 | 21 |
| 4 | 10 Maret '13 | 26 |
| 5 | 28 Maret '13 | 18 |
| 6 | 8 April '13 | 11 |
| 7 | 22 April '13 | 14 |
| 8 | 12 Mei '13 | 20 |
| 9 | 7 Juni '13 | 26 |
| 10 | 11 Juli '13 | 34 |
| 11 | 25 Juli '13 | 14 |
| 12 | 17 Agustus '13 | 23 |
| 13 | 11 September '13 | 25 |
| 14 | 8 Oktober '13 | 27 |
| 15 | 24 November '13 | 47 |

Sumber data maintenance PT. Anonimous tahun 2013

4.2. Pengolahan Data.

4.2.1. Penentuan Komponen Kritis.

Untuk menentukan komponen kritis yang menjadi obyek penelitian ini, dilakukan dengan cara mencari frekuensi banyaknya kerusakan dari total

kerusakan yang terjadi dalam satu rentan pengamatan (Lampiran C). Berdasarkan data frekuensi kerusakan unit Chisseling device diatas maka terlihat bahwa kerusakan terbesar terletak pada Hydraulis Silinder, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa Hydraulis Silinder merupakan komponen kritis unit mesin ini, karena frekuensi kerusakan yang sering terjadi.

4.2.2. Pengujian Kecocokan Distribusi Dengan Metode Chi Kuadrat untuk Distribusi Normal.

Dari data waktu antar kerusakan komponen Hydraulis Silinder (Lampiran F), maka selanjutnya data tersebut diuji apakah data berdistribusi normal. Pengujian kecocokan distribusi dilakukan dengan menggunakan metode Chi Kuadrat (X^2). (Sudjana, 1996 : 291-293). (Langkah-langkah pengujiannya untuk lebih jelas dapat dilihat pada lampiran G). Hasil pengujian adalah sebagai berikut :

- Data yang diuji : Data waktu antar kerusakan komponen Hydraulis Silinder pada unit Chiseling Device
- Distribusi uji : Distribusi Normal
- Hipotesa uji : - Ho : data berdistribusi normal
- Hi : data tidak berdistribusi normal
- Syarat penerimaan Ho : X^2 hitung $<$ X^2 tabel
- Tingkat kepercayaan : 95% ($\alpha = 0.05$)
- Derajat kebebasan : dk = 2
- Diketahui X^2 tabel : $X^2_{0.05}(2) = 5.99$
- Diketahui X^2 hitung : 4.13 (Lampiran G)
- Kesimpulan : Karena X^2 hitung $<$ X^2 tabel maka Ho diterima, berarti data antar waktu kerusakan komponen kritis distribusi normal.

4.2.3. Menentukan Nilai Fungsi Kepadatan Probabilitas.

Fungsi padat probabilitas menyatakan probabilitas terjadinya kerusakan dalam suatu interval waktu tertentu. Selanjutnya dilakukan perhitungan fungsi kepadatan probabilitas terjadinya kerusakan berdasarkan distribusi normal, dengan rumus sebagai berikut :

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{(2\pi)}} \exp\left(\frac{-(t-\mu)}{2\sigma^2}\right) \text{ untuk } -\infty < x < \infty$$

Keterangan :

$f(t)$: Nilai fungsi padat probabilitas

σ : Standart deviasi

μ : Rata-rata sampel

π : 3.14

t : Interval waktu

Diketahui besar $\mu = 27.36$ dan $\sigma = 37.04$ (Lampiran G), maka untuk $t = 1$ hari

$$f(t) = \frac{1}{37.04\sqrt{(2.3,14)}} \exp\left(\frac{-(1-27.36)}{2.37.04^2}\right)$$

$$f(t) = 0.007934$$

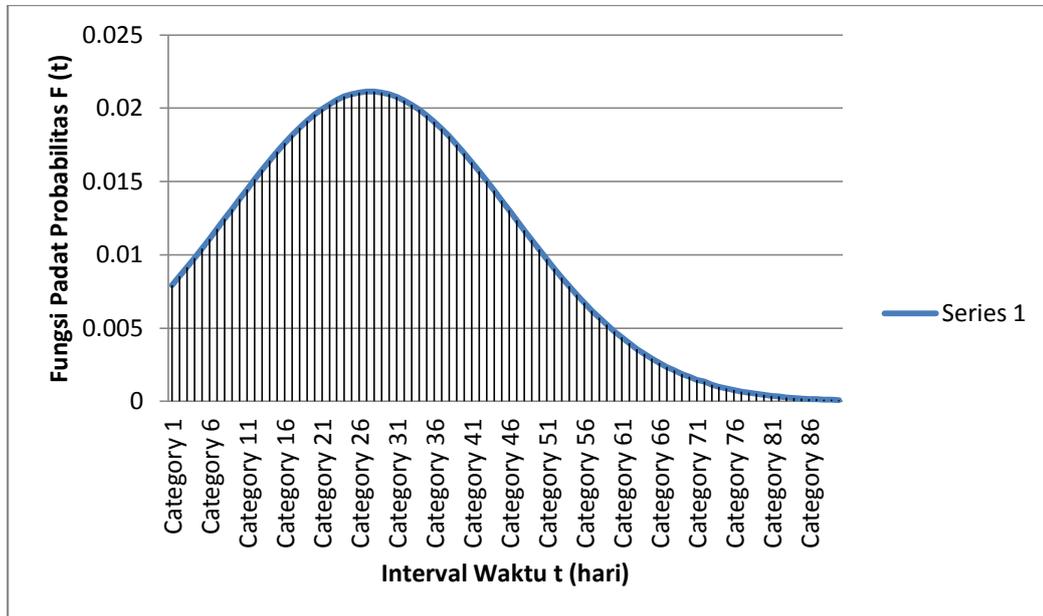
Dengan menggunakan rumus seperti diatas maka rangkuman perhitungan untuk interval hari berikutnya dilihat di tabel 4.2 berikut :

Table 4.6 Nilai Fungsi Kepadatan Probabilitas

| Interval hari (t) | Nilai kepadatan probabilitas | Interval hari (t) | Nilai kepadatan probabilitas | Interval hari (t) | Nilai kepadatan probabilitas |
|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|
| 1 | 0.007934 | 31 | 0.020761 | 61 | 0.004350 |
| 2 | 0.008532 | 32 | 0.020526 | 62 | 0.003954 |
| 3 | 0.009150 | 33 | 0.020236 | 63 | 0.003583 |

| | | | | | |
|----|----------|----|----------|----|----------|
| 4 | 0.009786 | 34 | 0.019894 | 64 | 0.003238 |
| 5 | 0.010436 | 35 | 0.019503 | 65 | 0.002918 |
| 6 | 0.011098 | 36 | 0.019067 | 66 | 0.002623 |
| 7 | 0.011769 | 37 | 0.018588 | 67 | 0.002351 |
| 8 | 0.012446 | 38 | 0.018070 | 68 | 0.002101 |
| 9 | 0.013125 | 39 | 0.017517 | 69 | 0.001872 |
| 10 | 0.013802 | 40 | 0.016934 | 70 | 0.001664 |
| 11 | 0.014473 | 41 | 0.016324 | 71 | 0.001474 |
| 12 | 0.015135 | 42 | 0.015693 | 72 | 0.001364 |
| 13 | 0.015782 | 43 | 0.015043 | 73 | 0.001148 |
| 14 | 0.016411 | 44 | 0.014380 | 74 | 0.001009 |
| 15 | 0.017018 | 45 | 0.013708 | 75 | 0.000884 |
| 16 | 0.017597 | 46 | 0.013030 | 76 | 0.000773 |
| 17 | 0.018145 | 47 | 0.012351 | 77 | 0.000673 |
| 18 | 0.018657 | 48 | 0.011675 | 78 | 0.000585 |
| 19 | 0.019131 | 49 | 0.011005 | 79 | 0.000507 |
| 20 | 0.019561 | 50 | 0.010344 | 80 | 0.000438 |
| 21 | 0.019945 | 51 | 0.009696 | 81 | 0.000377 |
| 22 | 0.020279 | 52 | 0.009063 | 82 | 0.000324 |
| 23 | 0.020562 | 53 | 0.008447 | 83 | 0.000278 |
| 24 | 0.020790 | 54 | 0.007852 | 84 | 0.000237 |
| 25 | 0.020961 | 55 | 0.007277 | 85 | 0.000202 |
| 26 | 0.021075 | 56 | 0.006726 | 86 | 0.000172 |
| 27 | 0.021130 | 57 | 0.006199 | 87 | 0.000146 |
| 28 | 0.021126 | 58 | 0.005698 | 88 | 0.000123 |
| 29 | 0.021063 | 59 | 0.005222 | 89 | 0.000104 |
| 30 | 0.020941 | 60 | 0.004773 | 90 | 0.000087 |

Dari table diatas data digambarkan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik Fungsi Padat Probabilitas

Berdasarkan perhitungan fungsi kepadatan probabilitas, dan penggambaran pada grafik diperoleh nilai tertinggi (titik balik maksimum untuk grafik dengan kurva membuka kebawah) fungsi tersebut jatuh pada interval 22 hari yaitu sebesar 0.020279. Nilai fungsi kepadatan probabilitas tersebut jatuh pada interval 22 hari adalah sesuai dengan rata-rata waktu antar kerusakan komponen kritis (lampiran G), yaitu 27.36 hari = 27 hari. Sedangkan pada interval 23 hari grafik cenderung menurun karena kerusakan pada komponen kritis sudah diketahui oleh bagian maintenance sehingga jika mengalami kerusakan pada komponen kritis segera dilakukan penggantian.

4.2.4. Menentukan Nilai Fungsi Distribusi Kumulatif.

Fungsi distribusi kumulatif menyatakan probabilitas dari suatu kerusakan muncul sebelum waktuwaktu yang pasti, katakanlah t. Probabilitas ini dapat diperoleh dari fungsi kepadatan probabilitas yang terkait atau berhubungan berdasarkan distribusi normal, dengan rumus sebagai berikut :

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \text{ untuk } -\infty < x < \infty$$

Keterangan :

$f(t)$: Nilai fungsi distribusi kumulatif

σ : Standart deviasi

μ : Rata-rata sampel

π : 3.14

t : Interval waktu

Diketahui besar $\mu = 27.36$ dan $\sigma = 37.04$ (Lampiran A), maka untuk $t = 1$ hari

$$f(t) = \frac{1}{37.04\sqrt{(2.3,14)}} \exp\left(-\frac{(1-27.36)^2}{2 \cdot 37.04^2}\right)$$

$$f(t) = 0.007934$$

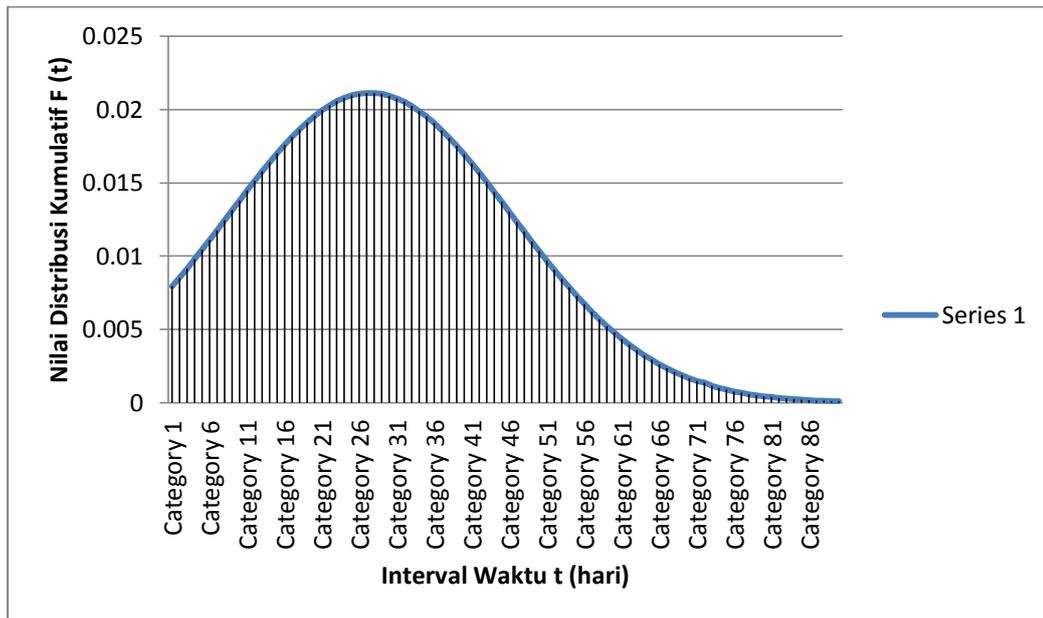
Dengan menggunakan rumus seperti diatas maka rangkuman perhitungan untuk interval hari berikutnya dilihat di tabel 4.3 berikut :

Table 4.7 Nilai Fungsi Distribusi Kumulatif

| Interval hari (t) | Nilai kepadatan probabilitas | Interval hari (t) | Nilai kepadatan probabilitas | Interval hari (t) | Nilai kepadatan probabilitas |
|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|
| 1 | 0.007934 | 31 | 0.020761 | 61 | 0.004350 |
| 2 | 0.008532 | 32 | 0.020526 | 62 | 0.003954 |
| 3 | 0.009150 | 33 | 0.020236 | 63 | 0.003583 |
| 4 | 0.009786 | 34 | 0.019894 | 64 | 0.003238 |
| 5 | 0.010436 | 35 | 0.019503 | 65 | 0.002918 |
| 6 | 0.011098 | 36 | 0.019067 | 66 | 0.002623 |
| 7 | 0.011769 | 37 | 0.018588 | 67 | 0.002351 |

| | | | | | |
|----|----------|----|----------|----|----------|
| 8 | 0.012446 | 38 | 0.018070 | 68 | 0.002101 |
| 9 | 0.013125 | 39 | 0.017517 | 69 | 0.001872 |
| 10 | 0.013802 | 40 | 0.016934 | 70 | 0.001664 |
| 11 | 0.014473 | 41 | 0.016324 | 71 | 0.001474 |
| 12 | 0.015135 | 42 | 0.015693 | 72 | 0.001364 |
| 13 | 0.015782 | 43 | 0.015043 | 73 | 0.001148 |
| 14 | 0.016411 | 44 | 0.014380 | 74 | 0.001009 |
| 15 | 0.017018 | 45 | 0.013708 | 75 | 0.000884 |
| 16 | 0.017597 | 46 | 0.013030 | 76 | 0.000773 |
| 17 | 0.018145 | 47 | 0.012351 | 77 | 0.000673 |
| 18 | 0.018657 | 48 | 0.011675 | 78 | 0.000585 |
| 19 | 0.019131 | 49 | 0.011005 | 79 | 0.000507 |
| 20 | 0.019561 | 50 | 0.010344 | 80 | 0.000438 |
| 21 | 0.019945 | 51 | 0.009696 | 81 | 0.000377 |
| 22 | 0.020279 | 52 | 0.009063 | 82 | 0.000324 |
| 23 | 0.020562 | 53 | 0.008447 | 83 | 0.000278 |
| 24 | 0.020790 | 54 | 0.007852 | 84 | 0.000237 |
| 25 | 0.020961 | 55 | 0.007277 | 85 | 0.000202 |
| 26 | 0.021075 | 56 | 0.006726 | 86 | 0.000172 |
| 27 | 0.021130 | 57 | 0.006199 | 87 | 0.000146 |
| 28 | 0.021126 | 58 | 0.005698 | 88 | 0.000123 |
| 29 | 0.021063 | 59 | 0.005222 | 89 | 0.000104 |
| 30 | 0.020941 | 60 | 0.004773 | 90 | 0.000087 |

Dari table diatas data digambarkan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 4.1 Grafik Fungsi Padat Probabilitas

4.2.5. Menentukan Nilai Fungsi Keandalan.

Tingkat keandalan komponen berdasarkan distribusi normal dapat dihitung dengan rumus :

$$R(t_p) = 1 - \phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

Keterangan :

$R(t_p)$: Nilai fungsi keandalan

σ : Standart deviasi

μ : Rata-rata sampel

t_p : Interval waktu

Berdasarkan data diketahui $\mu = 27.36$ dan $\sigma = 37.04$ (Lampiran G), Nilai $\phi(z)$ dapat dilihat pada table distribusi normal standart kumulatif sehingga bila $t = 1$,

maka : $R(1) = 1 - \phi\left(\frac{1-27.36}{37.04}\right)$

$$R(1) = 1 - \phi(-1.40), \text{ berdasarkan table nilai } \phi(-1.40) \text{ adalah } 0.08076$$

$$= 1 - 0.08076$$

$$R(1) = 0.091924$$

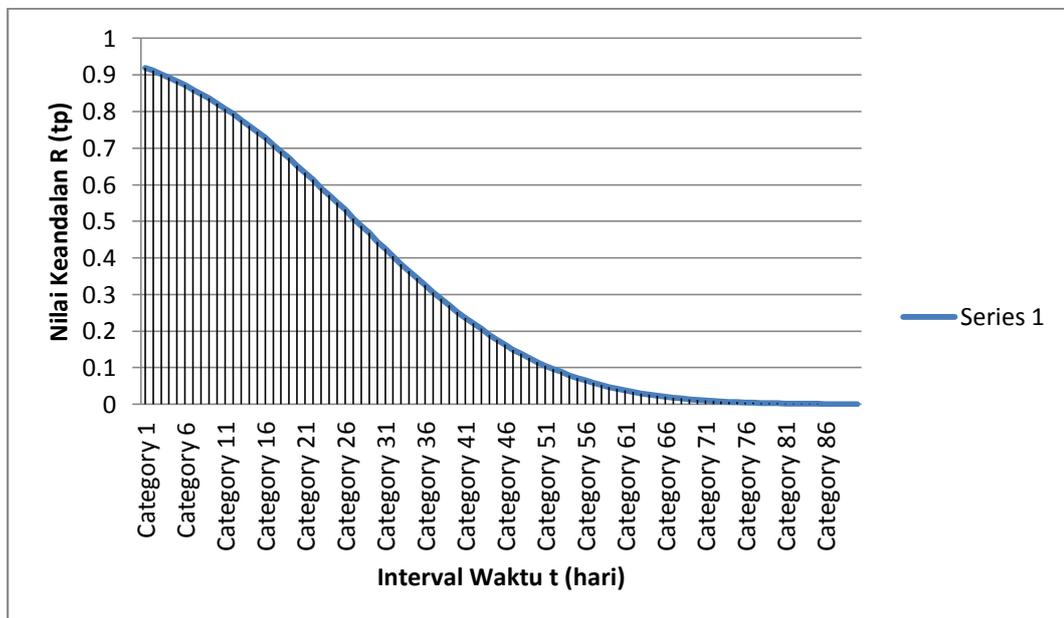
Dengan menggunakan rumus seperti diatas maka perhitungan untuk interval hari berikutnya dapat dilihat pada table 4.4 berikut :

Tabel 4.8 Nilai Fungsi Keandalan

| Interval hari (t) | Nilai Keandalan | Interval hari (t) | Nilai Keandalan | Interval hari (t) | Nilai Keandalan |
|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 1 | 0.91924 | 31 | 0.42466 | 61 | 0.03754 |
| 2 | 0.91149 | 32 | 0.40517 | 62 | 0.03363 |
| 3 | 0.90147 | 33 | 0.38209 | 63 | 0.03005 |
| 4 | 0.89251 | 34 | 0.36317 | 64 | 0.02619 |
| 5 | 0.88297 | 35 | 0.34458 | 65 | 0.02330 |
| 6 | 0.87285 | 36 | 0.32636 | 66 | 0.02068 |
| 7 | 0.85993 | 37 | 0.30503 | 67 | 0.01786 |
| 8 | 0.84849 | 38 | 0.28774 | 68 | 0.01578 |
| 9 | 0.83646 | 39 | 0.27093 | 69 | 0.01390 |
| 10 | 0.82121 | 40 | 0.25143 | 70 | 0.01222 |
| 11 | 0.80785 | 41 | 0.23576 | 71 | 0.01044 |
| 12 | 0.79389 | 42 | 0.22065 | 72 | 0.00914 |
| 13 | 0.77637 | 43 | 0.20611 | 73 | 0.00798 |
| 14 | 0.76115 | 44 | 0.18943 | 74 | 0.00676 |
| 15 | 0.74537 | 45 | 0.17619 | 75 | 0.00587 |
| 16 | 0.72907 | 46 | 0.16354 | 76 | 0.00508 |
| 17 | 0.70884 | 47 | 0.14917 | 77 | 0.00427 |
| 18 | 0.69146 | 48 | 0.13786 | 78 | 0.00368 |

| | | | | | | | |
|----|---------|--|----|---------|--|----|---------|
| 19 | 0.67364 | | 49 | 0.12715 | | 79 | 0.00317 |
| 20 | 0.65173 | | 50 | 0.11507 | | 80 | 0.00272 |
| 21 | 0.63307 | | 51 | 0.10565 | | 81 | 0.00226 |
| 22 | 0.61409 | | 52 | 0.0968 | | 82 | 0.00193 |
| 23 | 0.59095 | | 53 | 0.08851 | | 83 | 0.00164 |
| 24 | 0.57142 | | 54 | 0.07927 | | 84 | 0.00135 |
| 25 | 0.55172 | | 55 | 0.07215 | | 85 | 0.00114 |
| 26 | 0.53188 | | 56 | 0.06552 | | 86 | 0.00097 |
| 27 | 0.50798 | | 57 | 0.05821 | | 87 | 0.00079 |
| 28 | 0.48803 | | 58 | 0.05262 | | 88 | 0.00066 |
| 29 | 0.46812 | | 59 | 0.04746 | | 89 | 0.00056 |
| 30 | 0.44433 | | 60 | 0.04182 | | 90 | 0.00047 |

Dari table diatas dapat digambarkan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 4.3 Grafik Fungsi Keandalan

Setelah dilakukan perhitungan nilai keandalan komponen kritis diketahui bahwa keandalan komponen menurun sejalan pertambahan waktu, artinya semakin panjang interval waktu penggantian komponen kritis, maka keandalan komponen kritis tersebut akan semakin menurun.

4.2.6. Menentukan Laju Kerusakan Komponen.

Laju kerusakan suatu alat pada saat t adalah probabilitas bahwa peralatan akan rusak pada interval waktu berikutnya yang telah ditentukan. Laju kerusakan komponen berdasarkan distribusi normal dirumuskan sebagai berikut :

$$r(t) = \frac{F(t)}{R(t_p)}$$

Keterangan : $r(t)$: Nilai laju kerusakan komponen

$F(t)$: Nilai fungsi distribusi normal

$R(t_p)$: Nilai fungsi keandalan

Pada $t_p = 1$ Nilai $F(1) = 0.007934$ dan $R(1) = 0.91924$ sehingga nilai $r(t)$:

$$r(t) = \frac{0.007934}{0.91924}$$

$$r(t) = 0.008631$$

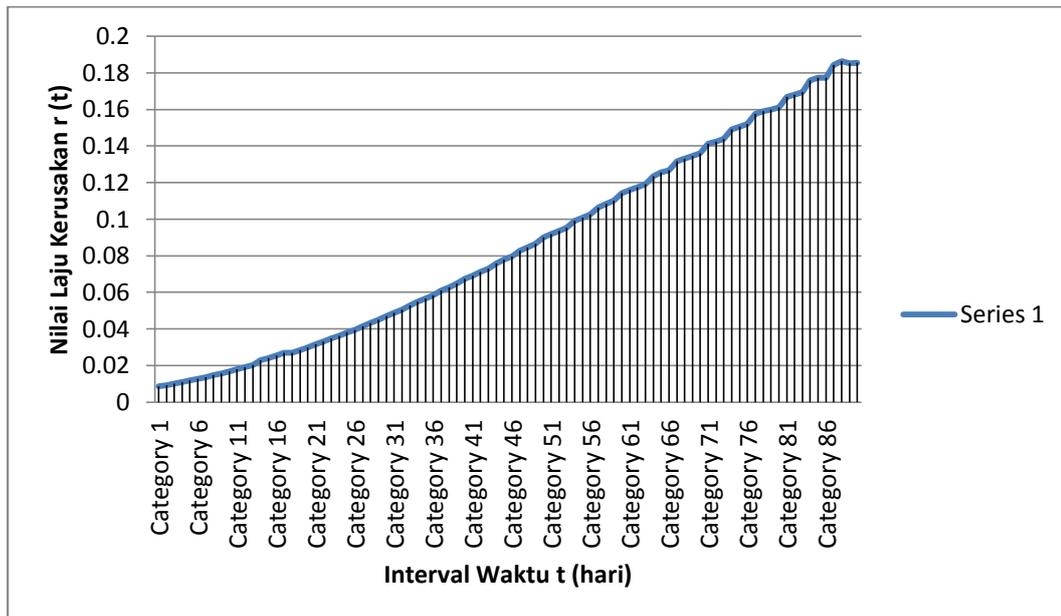
maka perhitungan untuk interval hari berikutnya dapat dilihat pada table 4.5 berikut :

Tabel 4.9. Nilai Laju Kerusakan

| Interval hari (t) | Nilai Laju Kerusakan | Interval hari (t) | Nilai Laju Kerusakan | Interval hari (t) | Nilai Laju Kerusakan |
|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| 1 | 0.008631 | 31 | 0.048889 | 61 | 0.115879 |
| 2 | 0.009361 | 32 | 0.050659 | 62 | 0.117561 |
| 3 | 0.010151 | 33 | 0.052961 | 63 | 0.119283 |
| 4 | 0.010964 | 34 | 0.054779 | 64 | 0.123645 |

| | | | | | |
|----|----------|----|----------|----|----------|
| 5 | 0.011819 | 35 | 0.0566 | 65 | 0.125645 |
| 6 | 0.012715 | 36 | 0.058422 | 66 | 0.126828 |
| 7 | 0.013686 | 37 | 0.060937 | 67 | 0.131608 |
| 8 | 0.014669 | 38 | 0.0628 | 68 | 0.133118 |
| 9 | 0.015691 | 39 | 0.064657 | 69 | 0.134676 |
| 10 | 0.016807 | 40 | 0.067351 | 70 | 0.136137 |
| 11 | 0.017916 | 41 | 0.069242 | 71 | 0.141212 |
| 12 | 0.019064 | 42 | 0.07112 | 72 | 0.142538 |
| 13 | 0.020328 | 43 | 0.072986 | 73 | 0.143868 |
| 14 | 0.022831 | 44 | 0.075921 | 74 | 0.149241 |
| 15 | 0.024136 | 45 | 0.0778 | 75 | 0.150608 |
| 16 | 0.025598 | 46 | 0.079674 | 76 | 0.152047 |
| 17 | 0.026982 | 47 | 0.082799 | 77 | 0.157654 |
| 18 | 0.026982 | 48 | 0.084687 | 78 | 0.158958 |
| 19 | 0.028399 | 49 | 0.08655 | 79 | 0.1599 |
| 20 | 0.030014 | 50 | 0.08995 | 80 | 0.161027 |
| 21 | 0.031501 | 51 | 0.091774 | 81 | 0.166994 |
| 22 | 0.033024 | 52 | 0.093628 | 82 | 0.168025 |
| 23 | 0.034795 | 53 | 0.095438 | 83 | 0.16943 |
| 24 | 0.036383 | 54 | 0.099048 | 84 | 0.175868 |
| 25 | 0.037993 | 55 | 0.100864 | 85 | 0.177453 |
| 26 | 0.039624 | 56 | 0.102659 | 86 | 0.17720 |
| 27 | 0.041597 | 57 | 0.106502 | 87 | 0.184349 |
| 28 | 0.043289 | 58 | 0.108285 | 88 | 0.186439 |
| 29 | 0.044994 | 59 | 0.110036 | 89 | 0.185134 |
| 30 | 0.047129 | 60 | 0.114132 | 90 | 0.185333 |

Dan dari table tersebut dapat digambarkan dalam grafik sebagai berikut :



Gambar 4.4. Grafik Fungsi Laju Kerusakan

Pada Grafik diatas terlihat jelas bahwa laju kerusakan komponen meningkat seiring dengan bertambahnya waktu, hal ini dapat berarti bahwa bila tidak dilakukan kegiatan penggantian komponen maka laju kerusakan komponen tersebut akan meningkat.

4.2.7. Menentukan Interval Waktu Penggantian Pencegahan.

Untuk penentuan waktu penggantian pencegahan komponen kritis, yang dimaksud disini adalah menentukan waktu yang terbaik pada saat kapan penggantian seharusnya dilakukan sehingga dapat meminimasi downtime per satuan waktu. Maka digunakan metode *Age Replacement* dengan minus sebagai berikut :

$$D(t_p) = \frac{t_p \cdot R(t_p) + T_f \cdot (1 - R(t_p))}{(t_p + T_p) \cdot R(t_p) + \int_{-\infty}^{t_p} t \cdot f(t) dt + T_f \cdot (1 - R(t_p))}$$

Keterangan :

| | | |
|----------|---|---|
| $D(t_p)$ | = | Nilai total downtime per satuan waktu |
| $R(t_p)$ | = | Nilai fungsi keandalan |
| T_p | = | Downtime yang terjadi karena penggantian pencegahan |
| T_f | = | Downtime yang terjadi karena penggantian kerusakan |
| σ | = | Standart deviasi |
| μ | = | Rata-rata sample |
| π | = | 3.14 |
| t_p | = | Interval waktu penggantian pencegahan |

Sebelum menghitung $D(t_p)$ pada $t_p = 1$, perlu dihitung terlebih dahulu nilai $\int_{-\infty}^1 t \cdot f(t) dt$ pada saat $t_p = 1$ hari, $\mu = 27.36$ dan $\sigma = 37.04$ (lampiran G)

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^1 t \cdot f(t) &= \frac{-\sigma}{\sqrt{2\pi}} \exp + \left[\frac{-(t_p - \mu)^2}{2\sigma^2} \right] + \mu \phi \left[\frac{t_p - \mu}{\sigma} \right] \\ &= \frac{-37.04}{\sqrt{2(3.14)}} \exp + \left[\frac{-(1-27.36)^2}{37.04^2} \right] + 22.36 \phi \left[\frac{1-27.36}{37.04} \right] \\ &= -7.53 \exp [-0.979] + 27.43 \phi (-1.40) \end{aligned}$$

$$\int_{-\infty}^1 t \cdot f(t) = -0.6127$$

Nilai $\phi(z)$ dapat dilihat pada lampiran J. Dengan demikian $D(t_p)$ dapat ditentukan, untuk mencari $D(t_p)$ pada $t_p = 1$, jika diketahui : $t_p = 0.021$ hari (Lampiran E), $T_f = 0.043$ hari (Lampiran D) dan $R(1) = 0.91924$.

$$\begin{aligned} D(1) &= \frac{0.021(0.91924) + 0.043(1 - 0.91924)}{(1 + 0.021)0.91924 + (-0.6127) + 0.043(1 - 0.91924)} \\ &= \frac{0.0620}{0.3685} \end{aligned}$$

$$D(1) = 0.16832$$

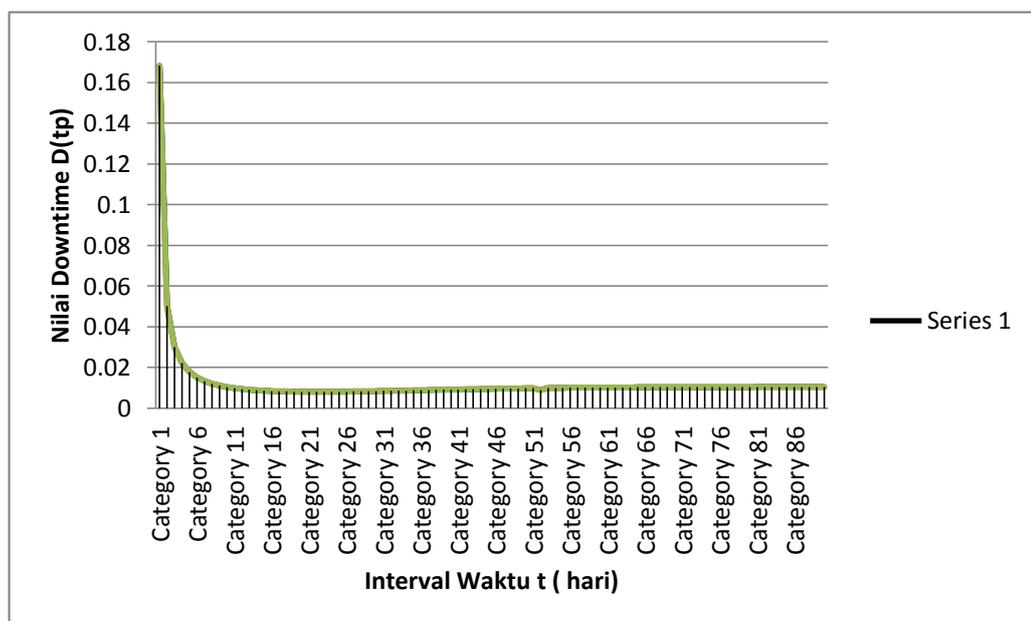
Maka perhitungan untuk interval hari berikutnya dapat dilihat table 4.6. berikut :

Tabel 4.10. Nilai Minimasi Downtime $D(t_p)$

| Interval hari (t_p) | Nilai Total Downtime | Interval hari (t_p) | Nilai Total Downtime | Interval hari (t_p) | Nilai Total Downtime |
|-------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
| 1 | 0.16832 | 31 | 0.00850 | 61 | 0.01024 |
| 2 | 0.05022 | 32 | 0.00855 | 62 | 0.01026 |
| 3 | 0.03004 | 33 | 0.00866 | 63 | 0.01027 |
| 4 | 0.02216 | 34 | 0.00872 | 64 | 0.01030 |
| 5 | 0.01786 | 35 | 0.00878 | 65 | 0.01032 |
| 6 | 0.01519 | 36 | 0.00884 | 66 | 0.01033 |
| 7 | 0.01336 | 37 | 0.00895 | 67 | 0.01035 |
| 8 | 0.01208 | 38 | 0.00902 | 68 | 0.01036 |
| 9 | 0.01113 | 39 | 0.00908 | 69 | 0.01037 |
| 10 | 0.01042 | 40 | 0.00919 | 70 | 0.01038 |
| 11 | 0.00987 | 41 | 0.00925 | 71 | 0.01040 |
| 12 | 0.00943 | 42 | 0.00930 | 72 | 0.01040 |
| 13 | 0.00911 | 43 | 0.00936 | 73 | 0.01041 |
| 14 | 0.00883 | 44 | 0.00946 | 74 | 0.01042 |
| 15 | 0.00862 | 45 | 0.00952 | 75 | 0.01042 |
| 16 | 0.00844 | 46 | 0.00957 | 76 | 0.01043 |
| 17 | 0.00835 | 47 | 0.00966 | 77 | 0.01043 |
| 18 | 0.00824 | 48 | 0.00970 | 78 | 0.01044 |
| 19 | 0.00817 | 49 | 0.00975 | 79 | 0.01044 |

| | | | | | |
|----|---------|----|---------|----|---------|
| 20 | 0.00815 | 50 | 0.00983 | 80 | 0.01044 |
| 21 | 0.00812 | 51 | 0.00987 | 81 | 0.01045 |
| 22 | 0.00810 | 52 | 0.00892 | 82 | 0.01045 |
| 23 | 0.00814 | 53 | 0.00995 | 83 | 0.01045 |
| 24 | 0.00814 | 54 | 0.01001 | 84 | 0.01045 |
| 25 | 0.00816 | 55 | 0.01004 | 85 | 0.01045 |
| 26 | 0.00818 | 56 | 0.01007 | 86 | 0.01045 |
| 27 | 0.00827 | 57 | 0.01012 | 87 | 0.01046 |
| 28 | 0.00830 | 58 | 0.01015 | 88 | 0.01046 |
| 29 | 0.00835 | 59 | 0.01017 | 89 | 0.01046 |
| 30 | 0.00845 | 60 | 0.01022 | 90 | 0.01046 |

Grafik dari nilai $D(t_p)$ dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4.5 Grafik Nilai Minimasi Downtime $D(t_p)$

Dari grafik yang terbentuk, terlihat bahwa grafik membentuk kurva terbuka ke atas dengan titik balik minimum pada interval 22 hari dengan nilai downtime sebesar 0.00810. Hasil ini 5 hari lebih pendek dibandingkan dengan interval rata-rata waktu kerusakan yaitu 27 hari.

4.3. Analisa Data.

4.3.1. Analisa Data Dengan Uji Chi Kuadrat χ^2 untuk Distribusi Normal.

Dari hasil pengujian terhadap data waktu antar kerusakan komponen kritis Chisseling device (Hydraulis Silinder) dengan metode Chi kuadrat (χ^2) untuk distribusi normal, diketahui dengan tingkat kepercayaan 95% tidak cukup kuat untuk menolak hipotesa yang menyatakan bahwa data mengikuti distribusi normal.

Untuk melakukan kegiatan penggantian membutuhkan dua syarat kondisi, yang salah satunya adalah laju kerusakan peralatan atau komponen harus meningkat, hanya dimiliki oleh dua type distribusi yaitu distribusi normal dan distribusi weibull.

Dengan diketahuinya bahwa data berdistribusi normal maka perhitungan penentuan interval waktu penggantian komponen dengan criteria minimasi downtime dapat dilakukan.

4.3.2. Analisa Data Dengan menggunakan Model Penentuan Penggantian Pencegahan Yang Optimal Dengan Kriteria Minimasi Downtime.

Berdasarkan perhitungan penentuan interval waktu penggantian komponen yang optimal dengan criteria minimasi downtime menggunakan model *Age Replacement* menghasilkan bahwa interval penggantian untuk penggantian komponen adalah 27 hari sekali, nilai ini didapat dengan menganalisa titik-titik

minimal dan grafik yang berbentuk kurva membuka keatas.(untuk lebih jelas mengenai angka-angka pada grafik dapat dilihat pada table 4.6).

- **Hubungan nilai *downtime* $D (t_p)$ dengan nilai fungsi kepadatan probabilitas $f(t)$.**

Berdasarkan hasil perhitungan nilai fungsi kepadatan probabilitas kita dapat mengetahui probabilitas atau kemungkinan kerusakan yang muncul dalam interval waktu tertentu, dan ternyata nilai tertinggi (titik balik maksimum untuk grafik dengan kurva membuka kebawah) fungsi tersebut pada interval 27 hari. Nilai fungsi tersebut yang jatuh pada interval 27 hari adalah sesuai dengan rata-rata waktu antar kerusakan komponen kritis (lampiran G), yaitu 27.43 hari

Bila nilai $f(t) = 27$ hari yang mewakili probabilitas kerusakan tertinggi bila dibandingkan dengan nilai *downtime* $D (t_p) = 22$ hari maka selisihnya adalah 5 hari. Meskipun selisih waktu antara rata-rata komponen untuk rusak dengan waktu untuk penggantian komponen sangat dekat, dalam masalah perawatan hal itu sangatlah penting, karena mungkin saja dalam selisih rentang waktu itu kerusakan dapat dihindari.

Dari perhitungan interval penggantian pencegahan yang optimal diperoleh interval penggantian 22 hari dengan nilai fungsi padat probabilitas sebesar 0.020279 (table 4.7). Bila kegiatan penggantian pencegahan dilakukan pada interval 22 hari maka nilai fungsi padat probabilitas akan turun sebesar 0.000851, jika dibandingkan dengan nilai fungsi padat probabilitas waktu antar kerusakan yang jatuh pada interval hari ke 27 yaitu sebesar 0.021130.

- **Hubungan nilai *downtime* $D (t_p)$ dengan nilai fungsi distribusi kumulatif $F(t)$.**

Untuk distribusi normal, nilai fungsi distributive kumulatif besarnya sama dengan nilai fungsi kepadatan probabilitas, karena rumus yang digunakan adalah sama. Dengan demikian nilai distribusi kumulatif $F(t)$ bila dibandingkan dengan

nilai downtime $D(t_p)$, kesimpulannya adalah sama dengan nilai fungsi kepadatan probabilitas.

- **Hubungan nilai *downtime* $D(t_p)$ dengan nilai fungsi keandalan $R(t_p)$.**

Karakteristik nilai keandalan untuk semua distribusi adalah sama, yaitu semakin meningkatnya interval waktu maka keandalannya semakin menurun. Dengan mempertimbangkan waktu antar kerusakan komponen yang telah didapat pada perhitungan fungsi kepadatan probabilitas yaitu 22 hari, maka kita dapat melihat tingkat keandalan pada saat itu.

Pada interval penggantian 27 hari, diperoleh tingkat keandalan mesin hanya 0.50798 atau 50.798% (table 4.7). dengan tingkat keandalan komponen yang rendah tersebut dapat mengganggu jalannya proses produksi karena komponen akan cepat rusak. Dari model perhitungan penentuan waktu penggantian pencegahan yang optimal diperoleh nilai 22 hari. Dengan nilai 22 hari maka tingkat keandalan komponen akan mencapai 0.61409 atau sebesar 61.409%. dengan demikian akan terjadi peningkatan tingkat keandalan 10.611%.

- **Hubungan nilai *downtime* $D(t_p)$ dengan laju kerusakan $r(t)$.**

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa untuk distribusi normal karakteristik untuk laju kerusakannya meningkat. Setelah dilakukan perhitungan laju kerusakan dan penggambaran pada grafik, ternyata karakteristik laju kerusakannya sesuai, yaitu meningkat seiring bertambahnya waktu.

Berdasarkan data waktu rata-rata kerusakan yaitu 27 hari, diperoleh tingkat laju kerusakan komponen sebesar 0.041597 (table 4.7). sedangkan berdasarkan perhitungan penentuan waktu penggantian pencegahan yang optimal memberikan nilai 22 hari dengan laju kerusakan komponen sebesar 0.033024. Dengan demikian ada penurunan laju kerusakan sebesar 0.008573.

Tabel 4.11. Nilai Keempat Fungsi Probabilitas dan Downtime

| Interval Hari (t) | Nilai Kepadatan Probabilitas | Nilai Distribusi Kumulatif | Nilai Keandalan $R(t_p)$ | Nilai Laju Kerusakan r (t) | Nilai Total Downtime $D(t_p)$ |
|-------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 1 | 0.007934 | 0.007934 | 0.91924 | 0.008631 | 0.16832 |
| 2 | 0.008532 | 0.008532 | 0.91149 | 0.009361 | 0.05022 |
| 3 | 0.009150 | 0.009150 | 0.90147 | 0.010151 | 0.03004 |
| 4 | 0.009786 | 0.009786 | 0.89251 | 0.010964 | 0.02216 |
| 5 | 0.010436 | 0.010436 | 0.88297 | 0.011819 | 0.01786 |
| 6 | 0.011098 | 0.011098 | 0.87285 | 0.012715 | 0.01519 |
| 7 | 0.011769 | 0.011769 | 0.85993 | 0.013686 | 0.01336 |
| 8 | 0.012446 | 0.012446 | 0.84849 | 0.014669 | 0.01208 |
| 9 | 0.013125 | 0.013125 | 0.83646 | 0.015691 | 0.01113 |
| 10 | 0.013802 | 0.013802 | 0.82121 | 0.016807 | 0.01042 |
| 11 | 0.014473 | 0.014473 | 0.80785 | 0.017916 | 0.00987 |
| 12 | 0.015135 | 0.015135 | 0.79389 | 0.019064 | 0.00943 |
| 13 | 0.015782 | 0.015782 | 0.77637 | 0.020328 | 0.00911 |
| 14 | 0.016411 | 0.016411 | 0.76115 | 0.022831 | 0.00883 |
| 15 | 0.017018 | 0.017018 | 0.74537 | 0.024136 | 0.00862 |
| 16 | 0.017597 | 0.017597 | 0.72907 | 0.025598 | 0.00844 |
| 17 | 0.018145 | 0.018145 | 0.70884 | 0.026982 | 0.00835 |
| 18 | 0.018657 | 0.018657 | 0.69146 | 0.026982 | 0.00824 |
| 19 | 0.019131 | 0.019131 | 0.67364 | 0.028399 | 0.00817 |
| 20 | 0.019561 | 0.019561 | 0.65173 | 0.030014 | 0.00815 |
| 21 | 0.019945 | 0.019945 | 0.63307 | 0.031501 | 0.00812 |
| 22 | 0.020279 | 0.020279 | 0.61409 | 0.033024 | 0.00810 |
| 23 | 0.020562 | 0.020562 | 0.59095 | 0.034795 | 0.00814 |
| 24 | 0.020790 | 0.020790 | 0.57142 | 0.036383 | 0.00814 |

| | | | | | |
|-----------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| 25 | 0.020961 | 0.020961 | 0.55172 | 0.037993 | 0.00816 |
| 26 | 0.021075 | 0.021075 | 0.53188 | 0.039624 | 0.00818 |
| 27 | 0.021130 | 0.021130 | 0.50798 | 0.041597 | 0.00827 |
| 28 | 0.021126 | 0.021126 | 0.48803 | 0.043289 | 0.00830 |
| 29 | 0.021063 | 0.021063 | 0.46812 | 0.044994 | 0.00835 |
| 30 | 0.020941 | 0.020941 | 0.44433 | 0.047129 | 0.00845 |

4.4. Estimasi waktu dan biaya.

4.4.1. Biaya konsekuensi kegagalan proses yang diakibatkan Downtime penggantian komponen karena kerusakan.

Down time yang diakibatkan oleh kerusakan komponen kritis akan mengganggu jalannya proses produksi sehingga menimbulkan kerugian yang dialami oleh perusahaan, adapun perhitungan kerugian tersebut dapat dihitung melalui rumus sebagai berikut :

Keterangan :

Rs : Kerugian yang dialami perusahaan (kg)

W : Konstanta ()

I : Arus yang mengalir ()

T : Down Time (jam)

J : jumlah cel ()

Kita estimasikan lama downtime adalah 60 menit = 1 jam, sehingga didapatkan biaya kerugian sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Rs} &= \\ &= 1,185 \times 38,3 \times 1 \times 38 \end{aligned}$$

$$\text{Rs} = 1724,649 \text{ kg}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui apabila terjadi downtime yang diakibatkan kerusakan komponen perusahaan akan mengalami kerugian sebanyak 1724,649 kg. apabila kita asumsikan harga tembaga murni di pasaran sebesar Rp.80.000,- maka :

$$\begin{aligned} \text{Rs} &= 1724,649 \times 80.000 \\ &= \text{Rp } 137.970.920 / \text{jam} \\ &= \text{Rp } 2.299.532 / \text{menit.} \end{aligned}$$

Dari contoh perhitungan di atas apabila disesuaikan dengan data kerusakan yang terjadi pada chiseling device adalah sebagai berikut :

Table 4.12. Biaya kerugian downtime diakibatkan oleh kerusakan komponen.

| NO | NAMA KOMPONEN | DOWN TIME (Jam) | DOWN TIME (menit) | KERUGIAN (per menit) | KERUGIAN |
|----|--------------------|-----------------|-------------------|----------------------|------------------|
| 1 | Hydraulik Silinder | 11:33 | 693 | Rp.2.299.532 | Rp.1.293.575.676 |
| 2 | Guide Rod | 1:30 | 90 | Rp.2.299.532 | Rp.206.957.880 |
| 3 | Bushing | 1:32 | 92 | Rp.2.299.532 | Rp.211.556.944 |
| 4 | Clamping Spring | 1:01 | 61 | Rp.2.299.532 | Rp.140.271.452 |
| 5 | Floating Connector | 0:56 | 56 | Rp.2.299.532 | Rp.128.773.792 |
| 6 | Blade | 1:47 | 107 | Rp.2.299.532 | Rp.246.049.924 |
| | | | | TOTAL | Rp.2.527.185.668 |

4.4.2. Penjadwalan kegiatan penggantian komponen kritis.

Untuk menentukan interval waktu perawatan yang optimal pada kebijakan perawatan diperlukan data-data biaya dan biaya perbaikan. Biaya perawatan

penggantian komponen terdiri dari biaya *overtime* untuk tenaga kerja dan biaya komponen (harga komponen/unit). Biaya konsekuensi kegagalan proses yang diakibatkan downtime penggantian komponen karena kerusakan karena kerusakan tidak termasuk dalam biaya perawatan penggantian karena diasumsikan bahwa kegiatan perawatan dilakukan secara terjadwal sehingga tidak mengganggu proses yang berlangsung.

Pada hasil pengolahan data kepadatan probalitas (table 4.6) terlihat bahwa nilai tertinggi adalah pada hari ke 27 dengan nilai kepadatan probalitas 0.021130 dengan nilai keandalan sebesar 0.50798 , namun pada perhitungan rata-rata hari kerusakan juga pada hari ke 27 dan bila melihat dasar standart tingkat kehandalan yang ditentukan perusahaan adalah maksimal 60%, hal ini dikarenakan nilai keandalan mendekati 50% maka resiko kerusakan akan semakin tinggi, oleh karena itu bila melihat table nilai keandalan (table 4.11) pada hari ke 22 tingkat keandalan komponen adalah 0,61409 atau sekitar 61 % dengan nilai kepadatan probalitas sebesar 0.020279 sedangkan pada hari ke 23 tingkat kendalan komponen adalah 0,59095 atau sekitar 59% sehingga dari beberapa pertimbangan diatas dapat kami simpulkan bahwa waktu penggantian yang optimal adalah pada hari ke 22.

Selain data-data diatas diperlukan juga jadwal produksi agar dapat diketahui kapan waktu dapat dilakukan kegiatan penggantian komoponen agar tidak mengganggu jalannya proses produksi, adapun jadwal produksi yang ada di bagian refinery adalah sebagai berikut :

Table 4.13. Jadwal proses produksi.

| No | Jenis Proses Produksi | Waktu (jam) | Waktu |
|----|-----------------------|-------------|---------------|
| 1 | Cycle 1 | 11 | 07.00 – 18.00 |
| 2 | Cycle 2 | 9 | 18.15 – 03.15 |
| | Free time | 3,75 | 03.15 – 07.00 |

Nb:

- Waktu diatas adalah jadwal produksi normal .
- Diantara perpindahan cycle terdapat 15 menit waktu delay untuk persiapan..
- Apabila terjadi kegagalan proses karena kerusakan komponen atau hal-hal lain yang dapat mengganggu produksi maka waktu proses produksi menjadi lebih panjang atau lebih lama, sehingga waktu free time menjadi berkurang.

Setelah melihat jadwal produksi diatas maka dapat disimpulkan bahwa waktu penggantian komponen paling tepat adalah pada masa freetime yaitu antara pukul 03.15 – 07.00. Dari pengolahan data pada bab sebelumnya didapatkan waktu penggantian komponen secara normal yaitu selama 0,5 jam atau selama 30 menit, sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu penggantian paling tepat yaitu dimulai pada pukul 06.00. karena setelah proses penggantian dibutuhkan pengecheckkan hasil penggantian dan juga sebelum proses produksi dibutuhkan waktu paling lambat 15 menit untuk proses persiapan sebelum proses produksi dilaksanakan. Bila dijadwalkan secara table adalah sebagai berikut :

Tabel 4.14. Penjadwalan kegiatan penggantian komponen kritis.

| No | Jenis Pekerjaan | Waktu pekerjaan | | | | |
|----|----------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 06.00 | 06.15 | 06.30 | 06.45 | 07.00 |
| 1 | Penggantian komponen | ✓ | ✓ | | | |
| 2 | Pengecheckkan | | | ✓ | | |
| 3 | Persiapan produksi | | | | ✓ | |
| 4 | Proses produksi | | | | | ✓ |

Dari pembuatan table diatas didapat diambil kesimpulan bahwa jadwal penggantian komponen kritis (cylinder hidraulik) adalah pada pukul 06.00

sampai dengan 06.30. Dengan demikian waktu penggantian yang optimal adalah pada hari ke 22 pukul 06.00 sampai dengan 06.30.

4.4.3. Perhitungan biaya perawatan penggantian dan perbaikan penggantian komponen.

Untuk menentukan interval waktu perawatan yang optimal pada kebijakan perawatan diperlukan data-data biaya dan biaya perbaikan. Biaya perawatan penggantian komponen terdiri dari biaya *overtime* untuk tenaga kerja dan biaya komponen (harga komponen/unit). Biaya konsekuensi kegagalan proses yang diakibatkan downtime penggantian komponen karena kerusakan karena kerusakan tidak termasuk dalam biaya perawatan penggantian karena diasumsikan bahwa kegiatan perawatan dilakukan secara terjadwal sehingga tidak mengganggu proses yang berlangsung.

Sedangkan biaya penggantian komponen dikarenakan kerusakan komponen terdiri dari harga komponen *Hydraulik Cilinder* dan biaya konsekuensi kegagalan proses yang diakibatkan downtime penggantian komponen karena kerusakan. Biaya tenaga kerja tidak termasuk dalam perhitungan ini karena dilakukan pada saat jam kerja normal.

Selain itu, dalam perhitungan biaya perawatan dan perbaikan digunakan beberapa asumsi, antara lain :

- a) Besarnya gaji semua tenaga kerja yang terdapat dalam perhitungan merupakan besarnya gaji menurut UMK daerah setempat.
- b) 1 bualan sama dengan 25 hari kerja.
- c) 1 hari kerja sama dengan 8 jam kerja.
- d) US\$ 1 sama dengan Rp. 10.000,00 (1 unit cylinder hidraulik = US\$ 1250). Sehingga 1 unit cylinder hidraulik adalah Rp.12.500.000,00.
- e) Dalam 1 hari terdapat 2 cycle produksi yaitu cycle 1 dan cycle 2, kedua cycle tersebut dapat diselesaikan dalam waktu 20 jam setiap harinya, sehingga tersisa 4 jam setiap harinya untuk melakukan perawatan komponen.

- f) Jumlah cel di setiap cyclenya adalah 38 cel.
- g) Tenaga kerja yang bekerja diluar jam kerja normal mendapatkan upah overtime (lembur) sebesar 1,5 kali gaji/jam kerja untuk setiap jamnya.
- h) Biaya konsekuensi kegagalan proses adalah besarnya keuntungan bersih yang seharusnya diperoleh apabila tidak terjadi kegagalan proses (Rp/jam).

1. Penentuan biaya perawatan penggantian komponen.

Dalam menentukan biaya perawatan, diasumsikan bahwa tenaga kerja yaitu 1 orang operator maintenance dan 1 orang sub-kontraktor harus lembur untuk melakukan perawatan terhadap komponen cylinder hidraulik . pada kondisi ideal/normal, cycle 1 dan 2 dapat dilakukan jam waktu 20 jam, sehingga tersisa waktu 4 jam yaitu jam 3 sampai jam 7 pagi untuk melakukan kegiatan perawatan sebelum proses produksi dimulai kembali. Karena waktu yang tersedia untuk melakukan kegiatan perawatan berada diluar jam kerja normal, maka operator dan sub-kontraktor yang melaksanakan kegiatan perawatan diasumsikan lembur dengan upah lembur sebesar 1,5 kali gaji/jam untuk setiap jamnya.

Tabel 4.12 Biaya Tenaga kerja Overtime

| Biaya Tenaga Kerja | | | | | |
|--------------------------|-------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|
| Tenaga kerja | Gaji/bulan /orang | Jam kerja/bulan | Gaji/jam kerja | Upah lembur/jam | Total Biaya /jam |
| Operator (1 orang) | Rp 3.000.000 | 200 | Rp. 15.000 | Rp. 22.500 | Rp 63.000 |
| Sub-kontraktor (3 orang) | Rp.2.709.500 | 200 | Rp.13.500 | Rp. 40.500 | |

Setelah diketahui biaya overtime setiap jamnya, maka selanjutnya ditentukan waktu yang dibutuhkan oleh operator untuk melakukan kegiatan perawatan terhadap komponen cylinder hidraulik.

Agar dapat mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan penggantian komponen cylinder hidraulik bila direncanakan terlebih dahulu

kami melakukan wawancara langsung kepada pihak maintenance dan didapatkan data rata waktu penggantian komponen cylinder hidraulik adalah 30 menit atau 0,5 jam. Berdasarkan data-data tersebut, dapat dilakukan perhitungan biaya perawatan penggantian dengan rumus sebagai berikut :

$$Cm = Cf + Cv$$

Keterangan :

- Cm = Biaya Perawatan penggantian
- Cf = Biaya komponen (harga komponen/unit)
- Cv = Biaya tenaga kerja

Maka :

$$\begin{aligned} Cm &= Cf + Cv \\ &= \text{Rp. } 12.500.000 + (0,5 \times \text{Rp } 63.000) \\ &= \text{Rp. } 12.500.000 + \text{Rp. } 31.500 \\ &= \text{Rp. } 12.531.500,- \end{aligned}$$

2. Penentuan biaya perbaikan penggantian komponen karena kerusakan.

Biaya perbaikan ini terdiri dari harga komponen *Hydraulik Cilinder* dan biaya konsekuensi kegagalan proses yang diakibatkan downtime penggantian komponen karena kerusakan. Biaya tenaga kerja tidak termasuk dalam perhitungan ini karena dilakukan pada saat jam kerja normal, maka perhitungannya dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$Cr = Cf + Cs$$

Keterangan :

- Cr = Biaya penggantian komponen karena kerusakan
- Cf = Biaya komponen (harga komponen/unit)
- Cs = Biaya konsekuensi x rata-rata waktu perbaikan karena kerusakan komponen 0,85 jam = 51 menit (Lampiran D)

Maka :

$$\begin{aligned}
Cr &= Cf + Cs \\
&= \text{Rp. } 12.500.000 + (\text{Rp } 2.299.532 \times 51) \\
&= \text{Rp. } 12.500.000 + \text{Rp. } 117.276.132 \\
&= \text{Rp. } 129.776.132,-
\end{aligned}$$

Apabila dilakukan perawatan penggantian sebelum terjadinya kerusakan yang dapat mengganggu proses produksi maka perusahaan dapat menghemat biaya sebesar :

$$\begin{aligned}
&= \text{Rp. } 129.776.132, - \text{Rp. } 12.531.500 \\
&= \text{Rp. } 117.245. 632,00
\end{aligned}$$