

Usulan Penjadwalan Perawatan Mesin Dengan Mempertimbangkan *Reliability Block Diagram* Pada Unit Stand CPL Di PT Krakatau Steel

Aji Munaji¹, M. adha Ilhami², Bobby Kurniawan³

^{1, 2, 3}Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

ajimunaji88@gmail.com¹, adha@ft-untirta.ac.id², b.kurniawan@ft-untirta.ac.id³

ABSTRAK

Jadwal perawatan yang tepat diperlukan untuk menghindari terjadinya breakdown dan juga untuk mempertahankan keandalan (reliabilitas) mesin sehingga memperkecil kemungkinan terjadinya kegagalan saat mesin bekerja. Untuk itu perlu dilakukan penentuan penjadwalan yang tepat untuk mencegah terjadinya breakdown dan mempertahankan keandalan mesin. Penelitian ini diterapkan pada sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi baja dengan jenis baja yang diproduksi adalah Cold Rolled Coil (CRC) dan Cold Rolled Sheet (CRS). Yang menjadi objek penelitian adalah unit stand CPL karena sering terjadinya downtime berdasarkan historis perusahaan. Tujuan penelitian yang dilakukan adalah menentukan reliabilitas setiap mesin pada stand CPL, menentukan reliabilitas sistem dengan reliability block diagram (RBD), dan menentukan jadwal perawatan untuk setiap mesin pada unit stand CPL. Metode yang digunakan adalah Reliability Block Diagram (RBD), metode ini dipakai untuk menganalisa reliabilitas sistem yang menjadi objek penelitian dan menentukan penjadwalan perawatan mesin, selain itu juga menggunakan model simulasi diskrit untuk membuat model dari sistem nyata dan mengetahui waktu rata-rata antar keusakan mesin (MTBF). Hasil yang didapat untuk reliabilitas setiap mesin adalah untuk mesin uncoiler 36%, mesin shearing 36,8%, mesin welder 36,8%, mesin pickling tank 36,8%, mesin rinsing section 36,8%, mesin drying 36,8%, mesin side trimmer 27,9% dan mesin recoiler 23,7%. Untuk nilai reliabilitas sistem berdasarkan reliability block diagram (RBD) adalah 72%. Jadwal perawatan terencana untuk mesin uncoiler setiap 29 hari, mesin shearing dan drying setiap 36 hari, mesin welder setiap 4 hari, mesin pickling tank setiap 29 hari, mesin rinsing section setiap 45 hari, mesin side trimmer setiap 10 hari, dan mesin recoiler setiap 10 hari. Dengan periode penjadwalan yang diusulkan diharapkan mampu meningkatkan reliabilitas sistem awal 72% menjadi 80%.

Kata kunci: *preventive maintenance, reliabilitas sistem, reliability block diagram*

PENDAHULUAN

Keandalan mesin atau peralatan memiliki peran yang sangat penting dalam menunjang perencanaan dan proses produksi dalam suatu perusahaan. Menurut Ebeling, (1997) kehandalan (Reliabilitas) adalah probabilitas sebuah komponen dapat beroperasi sesuai fungsi yang diinginkan untuk suatu periode waktu tertentu. Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mempertahankan dan meningkatkan nilai reliabilitas dari sebuah mesin salah satunya adalah dengan menentukan selang waktu perawatan yang paling optimal bagi mesin tersebut. Untuk menghindari terjadinya penurunan

reliabilitas maka perlu dilakukannya penjadwalan yang optimal, dengan melakukan penentuan penjadwalan yang optimal dan tindakan perawatan yang tepat dapat mempertahankan performansi serta utilitas mesin yang dimiliki.

PT. Krakatau Steel adalah perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur dengan produk yang dihasilkan adalah *Cold Rolled Coil (CRC)* dan *Cold Rolled Sheet (CRS)*. Berdasarkan informasi yang didapat dari pihak maintainance, jadwal perawatan perusahaan yaitu selama 2 minggu sekali pada setiap mesin. Namun perawatan yang ditetapkan tidak terlaksana melainkan perawatan hanya dilakukan ketika mesin

mengalami kerusakan, hal itu menyebabkan perawatan yang terjadi bersifat *corrective maintenance*. Untuk itu perlu dilakukan perbaikan penjadwalan perawatan mesin. Adapun mesin yang dijadikan objek penelitian adalah mesin pada unit stand *Continuous Pickling Line* (CPL) karena berdasarkan data histori dari perusahaan mesin pada unit stand CPL merupakan mesin yang sering mengalami downtime.

Pada penelitian kali ini metode yang digunakan adalah *Reliability Block Diagram* (RBD). *Reliability block diagram* adalah metode untuk menganalisa kehandalan sistem pada sistem besar dan kompleks dengan menggunakan diagram blok sistem (Ebeling, 1997).

Penelitian yang berkaitan adalah penelitian Kudin (2012) yang membahas mengenai nilai reliabilitas sistem komponen listrik pada unit *stand 3* dengan *reliability block diagram*. Untuk mencapai reliabilitas sistem sebesar 85% sesuai harapan dari pihak bagian perawatan maka untuk 9 komponen listrik pada unit *stand 3* dilakukan penjadwalan perawatan sehingga mencapai reliabilitas masing – masing komponen sebesar 95%. Selain penelitian Kudin (2012) penelitian lain yang berkaitan adalah penelitian Saputro (2013) yang membahas mengenai nilai reliabilitas sistem mesin SPM 2000 dengan *reliability block diagram* dan model simulasi diskrit untuk mengetahui utilitas mesin. Penelitian tersebut menggunakan preventive maintenance untuk meningkatkan reliabilitas sistem sebesar 85% dan penjadwalan perawatan terencana, pengarahan kepada para operator dan melakukan pengawasan untuk meningkatkan utilitas. Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian ini terletak pada kasus, data dan objek penelitian.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menentukan reliabilitas setiap mesin pada stand CPL, menentukan reliabilitas sistem dengan *reliability block diagram* (RBD), dan menentukan jadwal perawatan untuk setiap mesin pada unit stand CPL.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dari melakukan studi literatur untuk mengetahui dasar – dasar dari penelitian yang dilakukan dan melakukan observasi lapangan untuk mengetahui

kondisi dari objek yang akan diteliti, kemudian merumuskan masalah untuk mengetahui apa saja permasalahan yang akan dibahas, dari perumusan masalah tersebut kemudian dijadikan tujuan dari penelitian yang dilakukan, kemudian menentukan batasan masalah serta asumsi untuk memfokuskan penelitian yang dilakukan sehingga penelitian tidak keluar dari tujuan penelitian yang akan dilakukan. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data umum perusahaan, data tersebut memberikan informasi mengenai perusahaan yang menjadi tempat dilakukannya penelitian serta data waktu kerusakan mesin dan data waktu perbaikan. Dari data waktu yang diperoleh kemudian dilakukan pengolahan data dengan mengelompokkan waktu kejadian pada setiap mesin, kemudian dari data tersebut dihitung waktu antar kerusakan (TBF). Dari data waktu antar kerusakan kemudian menghitung *index of fit* untuk identifikasi awal pola distribusi data waktu antar kerusakan, berikut tahapan dalam menghitung *index of fit*:

Nilai tengah (*median rank*)

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

$$i = \text{data waktu ke } - t \\ n = \text{jumlah data}$$

$$\text{Index of fit} \\ \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i \sum y_i)}{\sqrt{\{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)\} \{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}} \quad (2)$$

Identifikasi distribusi yang sering dipakai adalah distribusi normal, eksponensial dan weibull. Setelah dilakukan identifikasi kemudian dilakukan uji hipotesa untuk memastikan distribusi yang didapat sesuai dengan data yang ada. Berikut uji hipotesa yang dipakai untuk ketiga distribusi tersebut:

Uji *Kolmogorov-Smirnov* Untuk Distribusi Normal:

$$D_n = \left\{ \Phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) - \frac{i-1}{n} \right\}, \left\{ \frac{i}{n} - \Phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) \right\} \quad (3)$$

$$\text{Dengan } \bar{t} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n}$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}$$

Uji Bartlett Untuk Distribusi Eksponensial:

$$B = \frac{\left[\ln\left(\frac{1}{r}\right)(\sum_{i=1}^r t_i) - \left(\frac{1}{r}\right)(\sum_{i=1}^r \ln t_i) \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} \quad (4)$$

t_i adalah waktu dan r adalah jumlah kerusakan dengan wilayah kritis

$$X^2_{1-\alpha/2, r-1} < B < X^2_{\alpha/2, r-1}$$

Uji Mann's Test Untuk Distribusi Weibull:

$$M = \frac{K_1 \sum_{i=1}^{r-1} \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i}}{K_2 \sum_{i=1}^{K_1} \frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i}} \quad (5)$$

Dengan $K_1 = [r/2]$

$$K_2 = [(r-1)/2]$$

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

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

Dengan r adalah jumlah kerusakan. Wilayah kritis terdapat pada $M < F_{crit}(\alpha, V1, V2)$. F_{crit} diperoleh dari $V1 = 2k_2$ dan $V2 = 2k_1$.

Setelah diketahui pola distribusinya, kemudian melakukan perhitungan parameter. Dengan parameter yang didapat tersebut kemudian melakukan perhitungan untuk mengetahui waktu rata – rata antar kerusakan (MTBF) dan mengetahui reliabilitas tiap mesin. Kemudian dari reliabilitas tiap mesin melakukan perhitungan reliabilitas sistem dengan *reliability block diagram* (RBD), block diagram yang disusun berdasarkan hubungan setiap mesin pada unit stand CPL. Kemudian membuat model simulasi untuk memodelkan sistem nyata sebagai acuan dalam menentukan interval waktu perawatan, simulasi yang dilakukan adalah simulasi diskrit dengan menggunakan *software microsoft excel*. Kemudian menentukan interval waktu perawatan, dengan interval waktu perawatan tersebut diharapkan mampu memperbaiki keandalan dari unit stand CPL.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data awal kerusakan setiap mesin pada unit stand CPL yang sudah didapat kemudian dihitung waktu antar kerusakan (TBF) setiap mesin pada unit stand CPL,

yang kemudian melakukan perhitungan *index of fit* untuk mengidentifikasi awal pola distribusi setiap mesin untuk data waktu antar kerusakan yang ada. Dari perhitungan indentifikasi pola distribusi didapat nilai *index of fit*.

Hasil dari perhitungan *index of fit* untuk setiap mesin dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Perhitungan Index Of Fit

| No | Mesin | Normal | Eksponensial | Weibull |
|----|-----------------|--|--------------|---------|
| 1 | Uncoiler | 0.930 | 0.977 | 0.993 |
| 2 | Shearing | Diasumsikan berdistribusi Eksponensial | | |
| 3 | Welder | 0.898 | 0.987 | 0.983 |
| 4 | Pickling Tank | Diasumsikan berdistribusi Eksponensial | | |
| 5 | Rinsing Section | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 6 | Drying | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 7 | Side Trimmer | 0.913 | 0.932 | 0.957 |
| 8 | Recoiler | 0.898 | 0.980 | 0.971 |

Setelah dilakukan perhitungan *index of fit* kemudian melakukan pengujian hiptotesa pada masing-masing distribusi terpilih. Uji ini dilakukan dengan memilih nilai *index of fit* yang paling besar dari perhitungan yang telah dilakukan, dengan anggapan bahwa nilai dari *index of fit* terbesar menunjukkan pola data tersebut mengikuti suatu pola distribusi yang dipilih. jika hasil uji hipotesa ditolak maka dilakukan uji hipotesa ulang dengan pola distribusi yang memiliki nilai *index of fit* terbesar kedua. Hasil uji hipotesa untuk setiap mesin pada *unit stand CPL* pada tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Uji Hipotesa Distribusi

| No | Nama Mesin | Distribusi |
|----|-----------------|--------------|
| 1 | Uncoiler | Weibull |
| 2 | Shearing | Eksponensial |
| 3 | Welder | Eksponensial |
| 4 | Pickling Tank | Eksponensial |
| 5 | Rinsing Section | Eksponensial |
| 6 | Drying | Eksponensial |
| 7 | Side Trimmer | Weibull |
| 8 | Recoiler | Weibull |

Setelah diketahui distribusi waktu antar kerusakan (TBF), kemudian menghitung parameter distribusi untuk mengetahui waktu rata – rata antar kerusakan (MTBF) dan nilai reliabilitas setiap mesin. Hasil rekapitulasi perhitungan parameter distribusi

untuk setiap mesin pada unit stand CPL dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Parameter Distribusi Tiap Mesin

| No | Mesin | Parameter | | |
|----|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| | | β | θ | λ |
| 1 | Uncoiler | 0.961 | 30274.461 | |
| 2 | Shearing | | | 5.566E-06 |
| 3 | Welder | | | 1.738E-04 |
| 4 | Pickling Tank | | | 2.309E-05 |
| 5 | Rinsing Section | | | 5.887E-06 |
| 6 | Drying | | | 1.230E-05 |
| 7 | Side Trimmer | 0.616 | 12021.794 | |
| 8 | Recoiler | 0.493 | 14568.630 | |

Setelah diketahui nilai parameter untuk masing-masing distribusi selanjutnya adalah menghitung nilai MTBF (*mean time between failure*) untuk setiap mesin unit stand CPL yang kemudian nilai MTBF ini dipakai untuk mencari nilai reliabilitas setiap mesin. Nilai reliabilitas setiap mesin ini dipakai untuk mencari nilai reliabilitas sistem unit stand CPL dengan menggunakan *reliability block diagram* (RBD).

Untuk mendapatkan rata – rata waktu antar kerusakan dengan distribusi weibull menggunakan rumus berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{MTBF} &= \theta \Gamma(x) \\
 &= \theta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Dan untuk mendapatkan rata – rata waktu antar kerusakan dengan distribusi eksponensial menggunakan rumus berikut.

$$\text{MTBF} = \frac{1}{\lambda}
 \tag{7}$$

Dari masing-masing nilai MTBF yang sudah diketahui, kemudian menghitung reliabilitas (keandalan) untuk setiap mesin unit stand CPL. Reliabilitas ini menunjukkan seberapa mampu mesin berfungsi tanpa terjadinya kegagalan.

Untuk mendapatkan nilai reliabilitas dengan distribusi weibull menggunakan rumus berikut.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\theta}\right)^\beta}
 \tag{8}$$

Dan untuk mendapatkan nilai reliabilitas dengan distribusi eksponensial menggunakan rumus berikut.

$$R(t) = e^{-\lambda t}
 \tag{9}$$

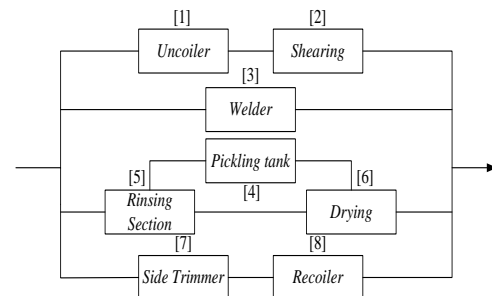
Dengan :

t = rata – rata waktu antar kerusakan

Hasil perhitungan rata – rata waktu antar kerusakan (MTBF) dan reliabilitas untuk setiap mesin unit stand CPL dapat dilihat pada tabel 4. Setelah diketahui nilai reliabilitas dan MTBF tiap mesin selanjutnya adalah melakukan perhitungan reliabilitas sistem dengan *reliability block diagram* (RBD) berdasarkan diagram blok pada gambar 1. Perhitungan reliabilitas sistem ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kehandalan unit stand CPL.

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Nilai MTBF dan Reliabilitas Setiap Mesin

| No | Mesin | MTBF (menit) | Reliabilitas |
|----|-----------------|--------------|--------------|
| 1 | Uncoiler | 30968.044 | 0.360 |
| 2 | Shearing | 179676 | 0.368 |
| 3 | Welder | 5752.354 | 0.368 |
| 4 | Pickling Tank | 43306 | 0.368 |
| 5 | Rinsing Section | 169852.755 | 0.368 |
| 6 | Drying | 81283.809 | 0.368 |
| 7 | Side Trimmer | 17868.302 | 0.279 |
| 8 | Recoiler | 30560.415 | 0.237 |



Gambar 1. Blok Diagram Unit Stand CPL

Menurut Ebeling (1997), *reliability block diagram* merupakan sebuah metode untuk melakukan analisa kehandalan sistem dan ketersediaan pada sistem besar dan

kompleks dan menggunakan diagram blok sitem. RBD dapat tersusun atau terangkai secara seri atau paralel ataupun gabungan dari keduanya.

Rangkaian seri berarti ketika suatu mesin mengalami kerusakan maka akan menyebabkan mesin lain yang tersusun dalam satu rangkaian seri akan mengalami kerusakan. Sedangkan rangkaian paralel menunjukkan bahwa ketika mesin mengalami kerusakan tidak berdampak pada mesin lain yang tersusun dalam satu rangkaian.

Rumus rangkaian seri :

$$R_s = R_1 \times R_2 \times \dots \times R_n \quad (10)$$

Dimana:

R_s = RBD seri

R_1, R_2, R_n = *reliability* komponen

Rumus rangkaian paralel:

$$R_p = 1 - [(1 - R_1) \times (1 - R_2) \times \dots \times (1 - R_n)] \quad (11)$$

Dimana:

R_p = RBD paralel

R_1, R_2, R_n = *reliability* komponen

Dari hasil perhitungan didapat nilai reliabilitas sistem unit stand CPL sebesar 0,72 atau 72%. Ini berarti probabilitas kemampuan unit stand CPL bekerja tanpa terjadinya kerusakan adalah 0,72 atau 72%.

Setelah diketahui berapa nilai dari reliabilitas sistem. Kemudian melakukan simulasi untuk mengetahui kapan frekuensi perawatan pada setiap mesin unit stand CPL yang kemudian memvalidasi reliabilitas sistem simulasi dengan reliabilitas sistem eksisting. Jika hasilnya valid, maka dilakukan perancangan waktu perawatan usulan dari hasil simulasi yang didapat sehingga dapat meningkatkan reliabilitas sistem mencapai 80% sesuai dengan permintaan bagian perawatan.

Simulasi ini dilakukan dengan total waktu 259200 menit atau selama enam bulan. Model simulasi yang dipakai adalah model simulasi diskrit, simulasi yang dilakukan menggunakan *software microsoft excel*. Simulasi dilakukan pada waktu mesin

beroperasi dan waktu mesin tidak beroperasi. Waktu mesin beroperasi dan tidak beroperasi diperoleh dengan membangkitkan bilangan random yang kemudian ditransformasikan kedalam satuan waktu sesuai dengan distribusi yang telah terpilih dan parameter yang sudah diperoleh. Parameter yang digunakan untuk waktu operasi dapat dilihat pada tabel 3. Dan untuk parameter yang digunakan untuk waktu mesin mati dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Parameter Distribusi Untuk Waktu Mesin Mati

| No | Mesin | Parameter λ |
|----|-----------------|---------------------|
| 1 | Uncoiler | 2.51E-02 |
| 2 | Shearing | 1.00E-01 |
| 3 | Welder | 4.57E-02 |
| 4 | Pickling Tank | 4.40E-03 |
| 5 | Rinsing Section | 1.93E-02 |
| 6 | Drying | 2.75E-02 |
| 7 | Side Trimmer | 7.97E-02 |
| 8 | Recoiler | 6.53E-03 |

Untuk hasil simulasi yang telah dilakukan dengan menggunakan *software Microsoft Excel* dapat dilihat pada tabel 6.

Setelah diperoleh frekuensi, total waktu perawatan dan utilitas untuk setiap mesin pada unit stand CPL dari hasil simulasi yang didapat. Selanjutnya menghitung rata – rata waktu antar kerusakan (MTBF) dan reliabilitas untuk setiap mesin. Dan setelah diketahui reliabilitas untuk setiap mesin kemudian menghitung reliabilitas sistem seperti pada perhitungan reliabilitas sistem nyata. Hasil dari perhitungan MTBF dan reliabilitas sistem simulasi dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Rekapitulasi Nilai MTBF Dan Reliabilitas Simulasi

| No | Mesin | MTBF (menit) | Reliabilitas |
|----|-----------------|--------------|--------------|
| 1 | Uncoiler | 43200 | 0.245 |
| 2 | Shearing | 64800 | 0.697 |
| 3 | Welder | 6646.154 | 0.315 |
| 4 | Pickling Tank | 43200 | 0.369 |
| 5 | Rinsing Section | 86400 | 0.601 |
| 6 | Drying | 129600 | 0.203 |
| 7 | Side Trimmer | 15247.059 | 0.314 |
| 8 | Recoiler | 16200 | 0.349 |

Nilai reliabilitas sistem nyata adalah 0,72 dan reliabilitas hasil simulasi adalah 0,72.

Berdasarkan hasil pembulatan nilai reliabilitas sistem simulasi memiliki nilai yang sama dengan reliabilitas sistem eksisting.

Maka dilakukan uji validasi dengan uji *paired sampel t-test* pada nilai MTBF sistem simulasi dan eksisting untuk mengetahui ada perbedaan atau tidak antara simulasi dan eksisting.

Uji validasi *paired sampel t-test* dilakukan dengan keputusan *H0* : Tidak ada perbedaan antara simulasi dan eksisting. Dan *H1* : Ada perbedaan antara simulasi dan eksisting.

Validasi dilakukan dengan syarat sebagai berikut:

Jika $T_{hitung} \geq T_{tabel}$: tolak *H0*

Jika $Sig. \leq \alpha$: tolak *H0*

Hasil uji validasi dengan *paired sampel t-test* dapat dilihat pada tabel 8. Dari uji validasi yang dilakukan dengan *paired sampel t-test* didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Statistik Uji

$Sig. = 0.341$; $\alpha = 0.05$

$t_{hitung} = 1.021$; $t_{tabel} = 2.365$

$Sig. (0.341) > \alpha (0.05)$ atau $t_{hitung} (1.021) < t_{tabel} (2.365)$

2. Keputusan Uji

Karena nilai $Sig. > \alpha$ atau $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka keputusannya adalah terima *H0*.

3. Kesimpulan

Tidak ada perbedaan antara hasil simulasi dengan eksisting, dengan begitu sistem simulasi dapat mewakili eksisting.

Setelah dilakukan uji validasi dan simulasi dapat mewakili sistem nyata atau eksisting, selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk perbaikan interval perawatan untuk memperbaiki reliabilitas sistem, perbaikan ini dilakukan dengan meningkatkan frekuensi perawatan sehingga memperpendek interval dari waktu perawatan.

Perbaikan dilakukan dengan menghasilkan reliabilitas sistem sebesar 80% sesuai dengan permintaan dari pihak *maintainance*. Peningkatan frekuensi dilakukan pada mesin *shearing, rinsing section dan drying*. Dan untuk mesin yang lain periode perawatan dilakukan 1 jam sebelum MTBF hasil simulasi untuk menghindari terjadinya kerusakan sebelum dilakukannya perawatan. Hasil rekapitulasi jadwal perawatan usulan dengan meningkatkan frekuensi perawatan dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 6. Rekapitulasi Simulasi Eksisting

| No | Mesin | Frekuensi perawatan | Total waktu perbaikan (menit) | Total waktu bekerja (menit) | Utilitas |
|----|-----------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------|
| 1 | Uncoiler | 6 | 264.16 | 258935.84 | 99.90% |
| 2 | Shearing | 4 | 61.70 | 259138.30 | 99.98% |
| 3 | Welder | 39 | 765.79 | 258434.21 | 99.70% |
| 4 | Pickling Tank | 6 | 1282.76 | 257917.24 | 99.51% |
| 5 | Rinsing Section | 3 | 253.88 | 258946.12 | 99.90% |
| 6 | Drying | 2 | 14.65 | 259185.35 | 99.99% |
| 7 | Side Trimmer | 17 | 204.59 | 258995.41 | 99.92% |
| 8 | Recoiler | 16 | 2409.35 | 256790.65 | 99.07% |

Tabel 8. Uji Paired Samples T-test

| | Paired Differences | | | | | t | df | Sig. (2-tailed) |
|-----------------------------------|--------------------|----------------|-----------------|---|-------------|-------|----|-----------------|
| | Mean | Std. Deviation | Std. Error Mean | 95% Confidence Interval of the Difference | | | | |
| | | | | Lower | Upper | | | |
| Pair 1 eksisting – simulasi | 19246.80825 | 53312.17802 | 18848.7013 | -25323.28796 | 63816.90446 | 1.021 | 7 | .341 |

Tabel 9. Rekapitulasi Jadwal Perawatan Usulan

| No | Mesin | Frekuensi perawatan | Periode Perawatan (menit) | Reliabilitas | Periode Perawatan (hari) |
|----|-----------------|---------------------|---------------------------|--------------|--------------------------|
| 1 | Uncoiler | 6 | 43140 | 0.245 | 29.95 ≈ 29 |
| 2 | Shearing | 5 | 51840 | 0.749 | 36 |
| 3 | Welder | 39 | 6586.154 | 0.318 | 4.57 ≈ 4 |
| 4 | Pickling Tank | 6 | 43140 | 0.369 | 29.95 ≈ 29 |
| 5 | Rinsing Section | 4 | 64800 | 0.683 | 45 |
| 6 | Drying | 5 | 51840 | 0.528 | 36 |
| 7 | Side Trimmer | 17 | 15187.059 | 0.315 | 10.54 ≈ 10 |
| 8 | Recoiler | 16 | 16140 | 0.349 | 11.20 ≈ 11 |

Setelah dilakukan perbaikan penentuan penjadwalan untuk mencapai reliabilitas sistem sebesar 80%. Didapat periode Penjadwalan perawatan usulan unit stand CPL adalah untuk mesin *uncoiler* setiap 29 hari, mesin *shearing* dan *drying* setiap 36 hari, mesin *welder* setiap 4 hari, mesin *pickling tank* setiap 29 hari, mesin *rinsing section* setiap 45 hari, mesin *side trimmer* setiap 10 hari, dan mesin *recoiler* setiap 11 hari. Dengan periode penjadwalan yang diusulkan mampu meningkatkan reliabilitas sistem awal 72% menjadi 80%.

KESIMPULAN

Hasil yang didapat untuk reliabilitas setiap mesin adalah untuk mesin *uncoiler* 36%, mesin *shearing* 36,8%, mesin *welder* 36,8%, mesin *pickling tank* 36,8%, mesin *rinsing section* 36,8%, mesin *drying* 36,8%, mesin *side trimmer* 27,9% dan mesin *recoiler* 23,7%. Untuk nilai reliabilitas sistem berdasarkan *reliability block diagram* (RBD) adalah 72%. Jadwal perawatan terencana untuk mesin *uncoiler* setiap 29 hari, mesin *shearing* dan *drying* setiap 36 hari, mesin *welder* setiap 4 hari, mesin *pickling tank* setiap 29 hari, mesin *rinsing section* setiap 45 hari, mesin *side trimmer* setiap 10 hari, dan mesin *recoiler* setiap 11 hari. Dengan periode penjadwalan yang diusulkan diharapkan mampu meningkatkan reliabilitas sistem awal 72% menjadi 80%.

DAFTAR PUSTAKA

Ebeling, C. 1997. *An Introduction To Reliability And Maintainability Engineering*. University of Dayton. Dayton.

Bentley, J. 1999. *Introduction To Reliability And Quality Engineering*. Second Edition. British Library, London.

Harrel, C. Ghosh, B. K. dan Bowden, R. O. 2004. *Simulation Using ProModel*. Second Edition. McGraw-Hill, New York.

Kudin, A. W. 2012. Analisa Penjadwalan Maintenance Komponen Listrik Pada Unit Stand 3 PT. XYZ Dengan Reliability Block Diagram. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon. [tidak publikasi]

Maria, A. 1997. *Introduction To Modeling And Simulation*. Proceeding Of The 1997 Winter Simulation Conference.

Romadhani, D. 2011. Usulan Perawatan Dengan Reliability Centered Maintenance (RCM) II Pada Mesin SPM 2000 Di PT KHI Pepe Industries. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon. [tidak publikasi]

Saputro, D. S. 2013. Usulan Penjadwalan Perawatan Dengan Mempertimbangkan *Reliability Blok Diagram* Pada Mesin SPM 2000 PT Z. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon [tidak publikasi]

Sodikin, I. 2008. Penentuan Interval Perawatan Preventif Komponen Elektrik Dan Komponen Mekanik Yang Optimal Pada Mesin Excavator Seri PC 200-6 Dengan Pendekatan Model Jardine. *Jurnal Teknologi*, Volume 1 No 2. Yogyakarta.

Sugiono. 2007. *Statistika Untuk Penelitian*. CV Alfabeta. Jawa Barat.

Walpol, R. E. dan Myers R. H. 1995. *Ilmu Peluang dan Statistik Untuk Insinyur dan Ilmuan*. ITB, Bandung.