

Usulan Penentuan Persediaan Komponen Mesin *Conveyor* Berdasarkan Keandalan (Studi Kasus : PT. PLTU Banten 2 Labuan)

Dede Mulyana¹, Ratna Ekawati², Putro Ferro Ferdinant³

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

dede.mulyana25@yahoo.com¹, ratna_145@yahoo.com², putro_ferro@ft-untirta.ac.id³

ABSTRAK

Permintaan dapat berupa permintaan terhadap komponen-komponen mesin. Permintaan terjadi apabila mesin mengalami kerusakan dan komponen mesin harus diganti (replaceable). Oleh sebab itu, perlu adanya pengendalian persediaan yang optimal untuk mengganti komponen yang rusak. PT. PLTU Banten 2 Labuan adalah perusahaan yang bergerak dibidang pembangkit listrik, Perusahaan ini menggunakan banyak jenis mesin produksi salah satunya adalah mesin conveyor yang menjadi objek penelitian, dikarenakan sering mengalami kerusakan. Mesin conveyor memiliki beberapa komponen untuk menjalankan fungsinya. Dari beberapa komponen yang ada pada mesin conveyor terdapat 4 (Empat) komponen yang apabila mengalami kerusakan harus segera diganti dan tidak dapat diperbaiki, yaitu Return Idler, Carrie Idler, Rubber Skirt dan Steering Return Idler. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui keandalan (reliability), persediaan dan titik pemesanan kembali untuk komponen kritis mesin conveyor. Metode yang digunakan adalah metode penentuan distribusi weibull untuk mengetahui nilai keandalan komponen mesin dan untuk menghitung jumlah persediaan komponen mesin menggunakan metode persediaan model Q dengan demand dari laju kerusakan. hasil penelitian yang didapat dari perhitungan distribusi weibull adalah parameter skala (α) dan parameter bentuk (β) yang digunakan untuk menghitung keandalan, hasilnya yaitu, untuk komponen return idler 45.26 %, komponen rubber skirt 38.88 dan komponen steering return idler 38.54 %. Sedangkan persediaan komponen mesin conveyor selama 300 hari yaitu komponen return idler sebanyak 62 unit, komponen carry idler sebanyak 37 unit dan untuk komponen steering return idler sebanyak 24 unit. Titik pemesanan kembali (reorder point) komponen return idler 19 unit, komponen rubber skirt 20 unit dan komponen steering return idler 5 unit.

Kata kunci: Laju Kerusakan, Mesin Conveyor, Persediaan Model Q , Reliability, Reorder Point

PENDAHULUAN

Setiap perusahaan selalu menginginkan keuntungan yang besar dan memenuhi target produksi setiap harinya. Oleh karena itu, perusahaan harus memiliki kinerja yang baik agar dapat berjalan efisien dan produktif. Untuk menanggapi hal tersebut perusahaan harus memiliki metode yang tepat, sehingga perusahaan dapat mencapai tujuan yang diinginkan. Salah satu upaya perusahaan untuk dapat bersaing dengan perusahaan lain adalah menjaga keandalan mesin dengan cara menentukan persediaan komponen yang terdapat di mesin tersebut.

PT. PLTU Banten 2 Labuan adalah perusahaan yang bergerak dibidang pembangkit listrik yang merupakan cabang dari perusahaan listrik terkemuka di Indonesia. Proses pembangkitan listrik pada perusahaan ini dilakukan secara terus menerus (*Continue*). Perusahaan tersebut menggunakan banyak jenis mesin produksi salah satunya adalah mesin Conveyor, yang akan menjadi objek penelitian, karena berdasarkan hasil wawancara mesin ini yang sering mengalami kendala dan rentan akan terjadinya kerusakan, sehingga

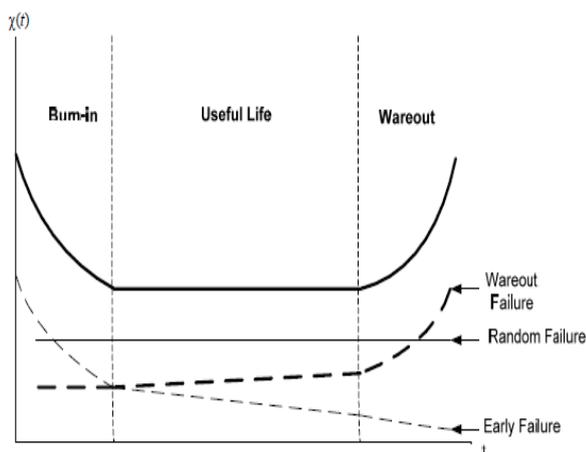
mengakibatkan terganggunya aliran proses produksi. Walaupun mesin ini bukan merupakan mesin utama dari proses pembangkit listrik di perusahaan tersebut, namun kontribusinya sangat besar dalam hal transportasi alat angkut batu bara, karena tanpa adanya mesin Conveyor dapat mengakibatkan terhentinya lini produksi yang disebabkan batu bara tidak dapat di pindahkan untuk diproses menjadi listrik.

Mesin conveyor memiliki beberapa komponen untuk menjalankan fungsinya. Dari beberapa komponen yang ada pada mesin Conveyor terdapat 4 (Empat) komponen yang apabila mengalami kerusakan harus segera diganti dan tidak dapat diperbaiki, yaitu Return Idler, Carrie Idler, Rubber Skirt dan Steering Return Idler, sehingga perlu mengetahui keandalan dan laju kerusakan untuk setiap komponen. Dengan mengetahui keandalan dan laju kerusakan dapat menentukan berapa jumlah persediaan yang harus terpenuhi agar tidak terjadi kekurangan komponen serta menentukan titik pemesanan kembali agar persediaan komponen dapat terus terjaga.

Peneliti yang telah melakukan penelitian dalam bidang kehandalan adalah Penelitian Charles Nababan (2009) yang membahas analisa keandalan dan penentuan persediaan optimal komponen sludge separator di PT Perkebunan Nusantara IV Unit Pabatu dan penelitian Imam Sodikin (2010) yang membahas mengenai analisa penentuan waktu perawatan dan jumlah persediaan suku cadang rantai garu yang optimal. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Charles dan Nababan adalah waktu dan tempat penelitian serta objek penelitiannya. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan distribusi yang sesuai untuk mengetahui tingkat kehandalan dari komponen mesin Conveyor selanjutnya menentukan jumlah persediaan komponen dari mesin Conveyor dengan metode persediaan model Q. Sehingga, dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat menjadikan kebutuhan komponen mesin Conveyor di PT. PLTU Banten 2 Labuan dapat terus terjaga.

METODE PENELITIAN

Menurut Ebeling (1997), laju kerusakan merupakan laju dimana kerusakan terjadi pada interval waktu yang ditetapkan. Untuk mengenal laju kerusakan dapat membayangkan sebuah tes atau percobaan yang dilakukan, diman percobaan tersebut dilakukan dalam jumlah yang besar terhadap komponen – komponen yang identik dioperasikan dan waktu untuk gagal setiap komponen cacat. Perkiraan laju kegagalan setiap komponen untuk titik waktu adalah jumlah item yang gagal dalam interval waktu terhadap populasi awal pada waktu operasi dimulai. Maka laju kerusakan adalah peluang peralatan tersebut akan gagal dalam interval waktu selanjutnya dengan syarat peralatan tersebut berfungsi pada waktu awal interval.



Gambar 1 *Bathtub Curve*
Sumber : Ebeling (1997)

Keterangan gambar *bathub curve* (Ebeling, 1997):

1. *Burn in* merupakan kondisi yang terjadi pada fase awal penggunaan suatu alat, dimana laju kerusakan terus menurun seiring bertambahnya waktu. Kerusakan yang mungkin ditimbulkan pada fase ini adalah kerusakan yang diakibatkan oleh kurangnya pengetahuan yang dimiliki oleh operator dalam

menggunakan alat tersebut, rendahnya kualitas dari kontrol dan lain – lain.

2. *Useful life* merupakan fase yang timbul relatif konstan dan salah satu penyebabnya adalah akibat beban yang tidak merata, *human error*.
3. *Wareout* merupakan fase akhir dari penggunaan suatu alat. Fase ini ditandai dengan terjadinya peningkatan kerusakan serta penurunan fungsi dari peralatan tersebut. Pada umumnya, kerusakan yang ditimbulkan pada fase ini disebabkan oleh korosi, umur, dan *fatigure* dari alat yang digunakan.

Menurut Fogarty (1991), persediaan (*Inventory*) itu meliputi semua jenis barang ataupun bahan baku yang akan digunakan dalam proses produksi dan distribusi. Bahan baku (*raw material*), part-part komponen, barang setengah jadi dan barang jadi adalah bagian dari persediaan, sama halnya dengan berbagai macam pemasok yang merupakan bagian dari produksi dan distribusi proses. Pengertian persediaan secara umum adalah suatu aktiva yang meliputi barang-barang milik perusahaan dengan maksud untuk dijual dalam suatu periode usaha normal atau persediaan barang-barang yang masih atau belum dalam proses pengerjaan atau proses produksi. Jadi persediaan merupakan sejumlah bahan-bahan, parts yang disediakan bahan-bahan jadi atau proses yang terdapat di dalam suatu perusahaan untuk proses produksi, serta barang-barang jadi atau produk yang disediakan untuk memenuhi permintaan dari komponen atau langganan setiap waktu.

Metode penelitian ini dimulai dari melakukan studi literatur untuk mengetahui dasar – dasar dari penelitian yang dilakukan dan melakukan observasi lapangan dengan maksud 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, dan 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 dilakukan penelitian serta data waktu kejadian mesin conveyor terjadi kerusakan. Dari data waktu yang diperoleh kemudian dilakukan pengolahan data dengan pertama mengelompokan waktu kejadian berdasarkan komponen mesin yang telah ditentukan, kemudian dari data tersebut dihitung waktu antar kerusakan (TTF). Dari data waktu antar kerusakan kemudian menghitung *index of fit* dengan *least square* untuk identifikasi awal pola distribusi data waktu antar kerusakan, berikut tahapan dalam menghitung *index of fit*:

Nilai tengah (*median rank*)

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

i = data waktu ke – t

n = jumlah data

Index of fit

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

Identifikasi distribusi yang sering dipakai adalah distribusi normal, lognormal, eksponensial dan weibull. Setelah dilakukan identifikasi kemudian dilakukan uji hipotesa dengan uji *goodness of fit* untuk memastikan distribusi yang sesuai dengan data yang ada. Berikut uji hipotesa yang dipakai untuk keempat distribusi tersebut:

Uji *Kolmogorov-Smirnov* Untuk Distribusi Normal dan Lognormal:

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

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

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

Uji Bartlett Untuk Distribusi Eksponensial:

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

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*:

$$M = \frac{K_2 \sum_{i=1}^{r-1} K_1 - +1 \left[\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]}{K_2 \sum_{i=1}^{K_1} K_1 - +1 \left[\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right]}$$

Dengan $K_1 = \lceil r/2 \rceil$

$$K_2 = \lfloor (r-1)/2 \rfloor$$

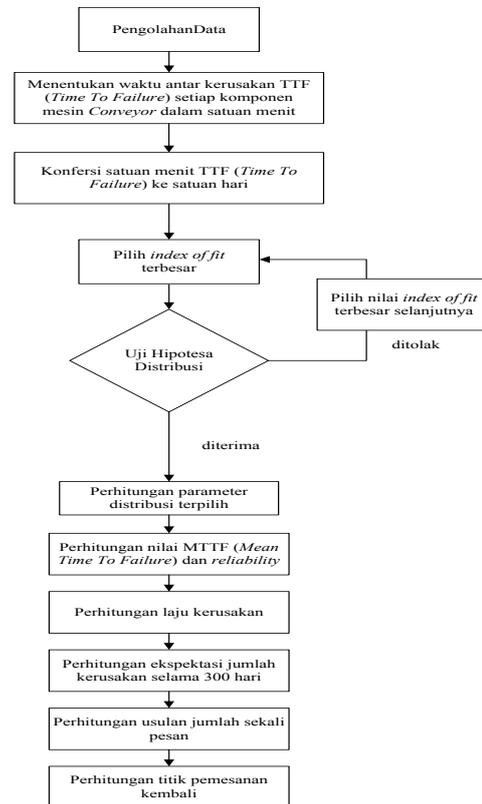
$$M_i = Z_{i+1} - Z_i$$

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

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

Setelah diketahui pola distribusi dari data yang diperoleh kemudian melakukan perhitungan parameter. Dengan parameter tersebut kemudian melakukan perhitungan untuk mengetahui waktu rata-rata antar kerusakan (MTTF) dan mengetahui reliabilitas dari setiap komponen. Setelah didapat parameter distribusi terpilih dan nilai MTTF selanjutnya menghitung laju kerusakan yang terjadi pada setiap komponen Conveyor. Setelah didapat nilai parameter distribusi terpilih dan laju kerusakan selanjutnya menghitung Ekspektasi kerusakan, dengan cara mengintegral laju kerusakan dengan selang waktu tertentu. Setelah

mendapatkan nilai ekpektasi kerusakan maka selanjutnya dapat menghitung jumlah sekali pemesanan komponen Conveyor. Kemudian didapat jumlah pemesanan, selanjutnya dapat menghitung jumlah titik pemesanan kembali (*reorder point*) setiap komponen Conveyor. Berikut merupakan gambar sistematika pengolahan data.



Gambar 2. Sistematika Pengolahan Data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan waktu antar kerusakan (TTF) berdasarkan data waktu kerusakan yang terjadi pada komponen mesin conveyor yang terjadi pada bulan januari hingga bulan Oktober 2013, kemudian melakukan perhitungan *index of fit* untuk mengidentifikasi awal pola distribusi untuk data waktu antar kerusakan yang ada. Dari perhitungan identifikasi pola distribusi didapat nilai *index of fit*. Berikut merupakan nilai hasil perhitungan *index of fit* untuk distribusi yang dipilih yang mewakili kejadian laju kerusakan berdasarkan kurva bak mandi.

Tabel 1. Rekapitulasi Perhitungan *Index Of Fit*

No.	Komponen Mesin	Lognormal	Eksponensial	Weibull
1	Return Idler	0.9721	0.9314	0.9775
2	Carry Idler	0.9338	0.8805	0.9423
3	Rubber Skirt	0.9609	0.9296	0.9735
4	String Return Idler	0.9475	0.9258	0.9495

Setelah dilakukan perhitungan *index of fit* kemudian melakukan pengujian kesesuaian distribusi dengan uji

goodness of fit sesuai dengan distribusi masing – masing. 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.

Uji yang dilakukan dengan asumsi awal (H_0) bahwa data waktu antar kerusakan adalah berdistribusi yang telah dipilih. Jika uji yang telah dilakukan menyimpulkan bahwa pola data waktu antar kerusakan tidak sesuai dengan distribusi yang dipilih (H_1) dari nilai *index of fit* terbesar maka lakukan pemilihan nilai *index of fit* terbesar berikutnya dan lakukan pengujian kembali. Berikut ini tabel rekapan distribusi yang sesuai untuk masing-masing komponen mesin conveyor

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Uji Hipotesa Distribusi

No.	Komponen Mesin	Distribusi TTF
1	Return Idler	Weibull
2	Carry Idler	-
3	Rubber Skirt	Weibull
4	Steering Return Idler	Weibull

Setelah diketahui distribusi untuk data waktu antar kerusakan (TTF), kemudian menghitung parameter distribusi untuk mengetahui waktu rata – rata antar kerusakan (MTTF). Namun terdapat satu komponen yang tidak sesuai dengan distribusi kerusakan, yaitu komponen Carry Idler , sehingga untuk komponen ini perhitungan parameter tidak dapat dilanjutkan. Perhitungan parameter bertujuan untuk mengetahui nilai keandalan untuk setiap komponen kritis mesin conveyor. Berikut merupakan rekapan perhitungan parameter distribusi.

Tabel 3. Rekapitulasi Parameter Distribusi Tiap Bagian Mesin SPM 2000

No.	Komponen Mesin	Parameter Operasi	
		β	θ
1	Return Idler	1.9875	6.8242
2	Rubber Skirt	2.0026	6.7908
3	Steering Return Idler	1.6236	6.7560

Setelah parameter distribusi didapat untuk setiap komponen mesin conveyor selanjutnya adalah menghitung nilai MTTF (*mean time to failure*) untuk setiap komponen mesin yang kemudian nilai MTTF ini dipakai untuk mencari nilai reliabilitas untuk setiap komponen mesin conveyor yang kemudian nilai reliabilitas ini digunakan untuk menghitung laju kerusakan.

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

$$MTTF = \theta \Gamma(x)$$

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

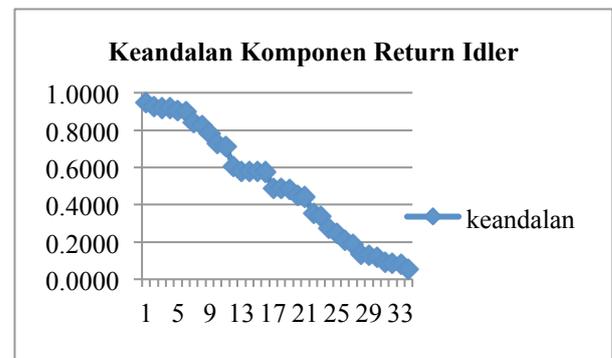
Dengan parameter yang sama yang telah diperoleh, kemudian menghitung reliabiliy (keandalan) untuk setiap komponen mesin conveyor. Reliability ini menunjukkan seberapa mampu mesin berfungsi tanpa terjadinya kerusakan. Berikut formula yang dipakai.

Perhitungan *Reliability*

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

Dengan :

t = rata – rata waktu antar kerusakan



Gambar 3. Grafik Keandalan Komponen Return Idler

Berikut hasil perhitungan rata – rata waktu antar kerusakan (MTTF) dan reliability untuk masing – masing komponen mesin conveyor.

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Nilai MTTF dan reliability mesin conveyor

No.	Komponen Mesin	MTTF	Reliability
1	Return Idler	6.0719	0.4526
2	Carry Idler	6.6025	0.4167
3	Rubber Skirt	6.6003	0.3888
4	Steering Return Idler	6.5604	0.3854

Selanjutnya adalah melakukan perhitungan laju kerusakan. Perhitungan laju kerusakan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kecepatan kerusakan pada setiap komponen mesin conveyor. Perhitungan ini menggunakan nilai rata-rata reliability dan parameter yang telah dihitung berdasarkan distribusi terpilih (weibull). Berikut ini formula yang dipakai untuk menghitung laju kerusakan

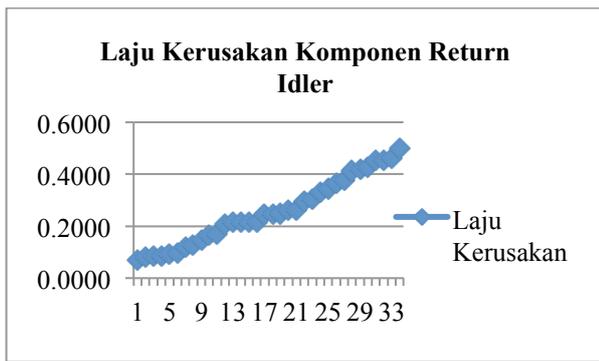
$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\theta} \left(\frac{t}{\theta}\right)^{\beta-1}$$

Dengan ;

t = waktu rata-rata kerusakan

Berdasarkan Gambar 3, terlihat perbedaan antara reliability dengan laju kerusakan,. Semakin kecil nilai reliability, maka akan semakin besar tingkat laju kerusakan yang dialami komponen, yang

mengakibatkan semakin cepat waktu kerusakan yang dialami komponen.



Gambar 4. Laju Kerusakan Komponen Return Idler

Berikut ini merupakan data hasil perhitungan laju kerusakan dan ekspektasi jumlah kerusakan selama waktu yang telah ditentukan. berikut adalah tabel hasil perhitungan jumlah kebutuhan komponen.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Kebutuhan Komponen

No.	Komponen Mesin	Laju Kerusakan	Ekspektasi
1	Return Idler	0.2585	1843 unit
2	Rubber Skirt	0.2612	1971 unit
3	Steering Return Idler	0.2243	473 unit

Ekspektasi jumlah kerusakan dihitung untuk mengetahui jumlah kebutuhan komponen dalam waktu 300 hari kedepan. Untuk mengetahui kebutuhan komponen mesin Conveyor, diperlukan data laju kerusakan dari masing-masing komponen mesin Conveyor. Berikut ini formula yang digunakan untuk menghitung ekspektasi jumlah selama 300 hari;

$$\text{Ekspektasi } (D) = \int_{t_1}^{t_2} \lambda(t) dt$$

Dengan ;

- $t_1 = 0$ hari
- $t_2 = 300$ hari
- λ = fungsi laju kerusakan

setelah mendapatkan nilai ekspektasi kerusakan maka selanjutnya dapat menghitung jumlah pemesanan sekali dengan memesan komponen Conveyor dengan menggunakan metode persediaan sederhana dengan model Q. Kemudian menghitung jumlah titik pemesanan kembali (reorder point) untuk setiap komponen mesin conveyor. berikut ini formula yang digunakan untuk menghitung pemesanan sekali pesan dengan model Q.

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot D}{h}}$$

Dengan;

- A = Ongkos pemesanan
- D = Demand (Ekspektasi permintaan)
- h = Biaya Simpan

sedangkan untuk menghitung titik pemesanan kembali (reorder point) menggunakan formula sebagai berikut;

$$r = \frac{DL}{t}$$

Dengan;

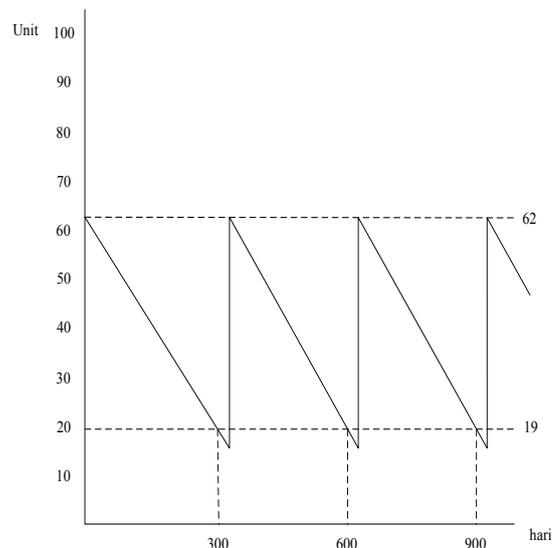
- D = Demand (Ekspektasi permintaan)
- L = Lead Time
- t = Periode waktu

Berikut merupakan tabel perhitungan dari data pemesanan dan titik pemesanan kembali (reorder point).

Tabel 6. Jumlah Pemesanan komponen dan titik pemesanan kembali

No.	Komponen Mesin	Jumlah Pemesanan Komponen	Titik Pemesanan Kembali
1	Return Idler	62 unit	19 unit
2	Rubber Skirt	37 unit	20 unit
3	Steering Return Idler	24 unit	5 unit

Perhitungan diatas adalah untuk mencari berapa jumlah yang optimal dalam pemesanan komponen sekali pesan dan menentukan titik pemesanan kembali. Jumlah pemesanan komponen Return Idler sebanyak 62 unit untuk sekali pemesanan dan perlu melakukan pemesanan kembali pada saat persediaan komponen return idler di gudang tersisa 19 unit, seperti pada gambar 3 berikut;



Gambar 4. Jumlah Pemesanan dan Titik Pemesanan Kembali Komponen Return Idler

Berdasarkan gambar 4, lead time pada saat melakukan pemesanan adalah selama 3 hari, sehingga terlihat pada gambar pertemuan titik pemesanan kembali (reorder point) tidak tepat di titik 19 dan 300.

KESIMPULAN

Reliability untuk komponen return idler adalah 0.4526 atau sebesar 45,26% , komponen rubber skirt adalah 0.3888 atau sebesar 38.88% dan yang terakhir komponen steering return idler adalah 0.3854 atau sebesar 38.54%. Untuk menentukan persediaan pada setiap komponen mesin conveyor dengan cara menentukan jumlah pemesanan dalam sekali pemesanan, untuk komponen return idler dilakukan pemesanan sebanyak 62 unit, komponen rubber skirt sebanyak 37 unit dan komponen steering return idler sebanyak 24 unit. Agar persediaan komponen tidak mengalami kekurangan, maka perlu menjaga persediaan komponen yang ada digandang dengan cara melakukan pemesanan kembali, untuk komponen return idler 19 unit, komponen rubber skirt 20 unit dan komponen steering return idler 5 unit.

DAFTAR PUSTAKA

- Walpole, R. E. dan Myers R. H. 1995. *Ilmu Peluang dan Statistik Untuk Insinyur dan Ilmuan*. ITB, Bandung.
- Ebeling, C. 1997. *An Introduction To Reliability And Maintainability Engineering*. University of Dayton. Dayton.
- Sylvia, G, Fifi Herni M dan Ambar Harsono. 2013. Sistem Persediaan Komponen Multi Eselon Dengan Permintaan Berdasarkan Laju Kerusakan. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, Vol. 1 No. 1, Juli 2013, ISSN: 2338-5081, Bandung.
- Hasriyono, M. 2009. Evaluasi Efektifitas Mesin Dengan Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Di PT. Hadi Baru. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri, FT USU. Medan. (tidak publikasi)
- 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)
- Pratama, R. H. J. 2011. Penentuan Nilai Reliability Sistem dengan Menggunakan Reliability Block Diagram. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri. Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon. (tidak publikasi)
- Nababan, C. 2009. Analisa Keandalan dan Penentuan Persediaan Optimal Komponen Sludge Separator di PT. Perkebunan Nusantara IV Unit Pabatu. *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Industri. FT USU. Medan. (tidak publikasi)
- Sinio, N, R. Hari Adianto dan Fifi Herni M. 2013. Usulan Penentuan Jumlah Pemesanan Optimal Komponen Menggunakan Model Persediaan Q di PT. X. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, Vol. 2 No. 1, Juni 2013, ISSN: 2338-5081, Bandung.
- Sodikin, I. 2010. Analisis Penentuan Waktu Perawatan Dan Jumlah Persediaan Suku Cadang Rantai Garu Yang Optimal. *Jurnal Teknologi*, Vol. 3 No. 1, Juni 2010, 44-52, IST AKPRIND, Yogyakarta.