BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori

2.1.1. Preventive Maintenance

Menurut (Assauri S. , 2008) *Preventive maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi. *Preventive maintenance* akan terjamin kelancaran kerjanya dan selalu diusahakan dalam kondisi atau keadaan yang siap dipergunakan untuk setiap operasi atau proses produksi pada setiap saat.

Preventive maintenance yang dilakukan oleh perusahaan dapat dibedakan atas, *Routine maintenance* dan *Periodic maintenance*. Routine maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara rutin misalnya setiap hari. Periodic maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara berkala atau dalam jangka waktu tertentu.

Maintenance dapat diartikan sebagai kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau penggantian yang diperlukan supaya terdapat suatu kedaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan. Dengan adanya kegiatan *maintenance* maka fasilitas atau peralatan pabrik dapat dipergunakan untuk produksi

sesuai dengan rencana, dan tidak mengalami kerusakan selama fasilitas atau peralatan tersebut yang direncanakan tercapai. Sehingga proses produksi yang diharapkan dapat berjalan dengan lancar dan terjamin, karena kemungkinan-kemungkinan kemacetan yang disebabkan tidak baiknya beberapa fasilitas atau peralatan produksi telah dihilangkan atau dikurangi.

Fungsi *Maintenance* (pemeliharaan) adalah untuk memastikan tetap tersedia dalam kondisi memuaskan untuk operasional bila diperlukan. Tujuan utama fungsi pemeliharaan adalah:

1. Kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan mengenai investasi tersebut.
4. Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan *maintenance* secara efektif dan efisien keseluruhannya.
5. Menghindari kegiatan *maintenance* yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja.

6. Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan, yaitu tingkat keuntungan atau *return of investment* yang sebaik mungkin dan total biaya yang terendah.

2.1.2. Penjadwalan Mesin

Menurut (Assauri S. , 2008) Penjadwalan adalah pengurutan pembuatan atau pengerjaan produk secara menyeluruh yang dikerjakan pada beberapa buah mesin. Bedwort, 1987 dalam (Assauri S. , 2008) mengidentifikasikan beberapa tujuan dari aktifitas penjadwalan adalah sebagai berikut:

1. Meningkatnya penggunaan sumberdaya atau mengurangi waktu tunggunya, sehingga total waktu proses dapat berkurang, dan produktifitas dapat meningkat.
2. Mengurangi persediaan barang setengah jadi atau mengurangi sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumber daya yang ada masih mengerjakan tugas yang lain.
3. Mengurangi beberapa kelambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian sehingga akan meminimasi biaya kelambatan.
4. Membantu pengambilan keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan sehingga penambahan biaya yang mahal dapat dihindarkan.

Proses penjadwalan timbul jika terdapat keterbatasan sumber daya yang dimiliki sehingga diperlukan adanya pengaturan sumber-sumber daya tersebut secara

efisien. Menurut Baker, 1974 dalam (Assauri S. , 2008), model penjadwalan dapat dibedakan menjadi empat jenis keadaan yaitu:

1. mesin yang digunakan dapat berupa proses dengan mesin tunggal atau proses dengan mesin majemuk.
2. Pola aliran proses dapat berupa aliran identik atau sembarang.
3. Pola kedatangan pekerjaan statis atau dinamis.
4. Sifat informasi yang diterima dapat bersifat deterministik atau stokastik.

Pekerjaan-pekerjaan yang merupakan alokasi kapasitas untuk order-order, penugasan prioritas pekerjaan, dan pengendalian jadwal produksi membutuhkan informasi terperinci, di mana informasi-informasi tersebut akan menyatakan *input* dari sistem penjadwalan. Kita harus menentukan kebutuhan-kebutuhan kapasitas dari order-order yang dijadwalkan dalam hal jumlah dan macam sumberdaya yang digunakan.

Untuk memastikan bahwa suatu aliran kerja yang lancar akan melalui tahapan produksi, maka sistem penjadwalan harus membentuk aktifitas-aktifitas output sebagai berikut:

1. Pembebanan (*loading*), melibatkan penyesuaian kebutuhan kapasitas untuk order-order yang diterima atau diperkirakan dengan kapasitas yang tersedia. Pembebanan dilakukan dengan menugaskan order-order pada fasilitas-fasilitas, operator-operator, dan peralatan tertentu.

2. Pengurutan (*sequencing*), merupakan penugasan tentang order-order mana yang diprioritaskan untuk diproses dahulu bila suatu fasilitas harus memproses banyak pekerjaan.

2.1.3. Biaya Perawatan

Perawatan suatu mesin pasti membutuhkan biaya yang disebut dengan biaya perawatan. Biaya perawatan adalah biaya yang dikeluarkan perusahaan secara rutin dalam periode waktu tertentu yang digunakan untuk merawat mesin yang ada (Bakdiyono, 2012). Proses perawatan mesin yang dilakukan oleh suatu perusahaan umumnya terbagi menjadi dua bagian yaitu perawatan terencana (planned maintenance) dan perawatan tidak terencana (unplanned maintenance). Perawatan terencana dapat disebut sebagai jenis kegiatan yang dilakukan serta diorganisasi dengan perencanaan, penjadwalan, pengendalian dan pencatatan (Chien & Chen, 2007)

Fungsi pemeliharaan dilakukan dengan dua cara:

1. Dengan pencegahan kerusakan
2. Dengan perbaikan kerusakan

Meskipun fungsi kinerja pemeliharaan telah dipisahkan di sini ke "pencegahan" dan "perbaikan" unsur pencegahan adalah kunci untuk semua pekerjaan pemeliharaan yang berhasil, termasuk perbaikan. Perawatan pencegahan tidak perlu diperlakukan sebagai program khusus karena pencegahan merupakan tema utama dari seluruh

pekerjaan pemeliharaan. Dari pada menyelidiki perbaikan dan pencegahan sebagai dua aspek yang berbeda, itu lebih berguna mempertimbangkan berbagai cara di mana pekerjaan pemeliharaan muncul dan mengenali unsur pencegahan yang lainnya.

Meskipun semua upaya pencegahan dari berbagai jenis kerusakan yang terjadi dan sering perlu diperbaiki secara mendesak atau darurat. Meskipun personil pemeliharaan yang biasanya di bawah tekanan besar untuk mengembalikan peralatan untuk pelayanan dalam waktu sesingkat mungkin, ada dua pertimbangan penting, untuk unsur "pencegahan" yang vital dari pekerjaan, yang tidak boleh dikorbankan.

Secara garis besar, perawatan bertujuan untuk mencegah kehausan dan kerusakan yang akan timbul secara tidak terduga pada sebuah mesin sehingga pada akhirnya dapat mengganggu jalannya proses produksi. Secara rinci tujuan utama dari kegiatan perawatan adalah (Assauri S. , 1993) :

1. Mesin dan seluruh perlengkapan produksinya siap pakai.
2. Mengurangi atau memperlambat tingkat keausan dan kerusakan pada mesin.
3. Untuk mendapatkan biaya perawatan serendah mungkin dengan melakukan kegiatan perawatan secara teratur dan terencana.
4. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk tersebut dan supaya kegiatan produksi tidak terganggu.
5. Meningkatkan kemampuan berproduksi agar dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.

6. Menjaga kualitas produksi yang termasuk dalam golongan *critical unit*, yaitu :

1) Kerusakan fasilitas tersebut akan membahayakan keselamatan pekerja.
2) Kerusakan fasilitas akan mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan.
3) Kerusakan fasilitas akan menyebabkan kemacetan diseluruh proses produksi.
4) Modal yang ditanamkan dalam proses tersebut adalah mahal.

2.1.4. Downtime

Downtime didefinisikan sebagai waktu suatu sistem atau komponen tidak dapat digunakan (tidak berada dalam kondisi yang baik) sehingga membuat sistem tidak berjalan (Gaspersz, 1992). Apabila mesin sedang dilakukan tindakan perawatan karena rusak, maka waktu mesin diperbaiki itulah yang disebut *downtime*. Misalnya mesin mengalami *breakdown*, *breakdown* terjadi ketika mesin mengalami kerusakan, dimana kerusakan dapat mempengaruhi kemampuan mesin secara keseluruhan, dimana kerusakan dapat mempengaruhi kemampuan mesin secara keseluruhan dan menyebabkan penurunan hasil dari proses dan mempengaruhi kualitas dari produk (Lukmandini, 2011)

2.1.5. Pengertian Teori Keandalan (Reliability)

Keandalan dalam pengertian yang luas dapat dikatakan sebagai ukuran prestasi. Atau dengan kata lain " *suatu tingkat penilaian keberhasilan dari suatu objek yang seperti peralatan , mesin produksi , kendaraan , komputer , dan lain – lain* " . Konsep keandalan sebenarnya muncul akibat perkembangan teknologi modern ,pada awalnya ilmuwan mendapat pengalaman berharga pada saat perang dunia kedua

berlangsung . Dimana pada masa perang tersebut metode keandalan digunakan untuk perawatan mesin khususnya peralatan perang yang dipakai . (Gaspersz, 1992)

2.1.6 Fungsi Keandalan

Secara matematis besarnya keandalan mesin untuk waktu opersai (tp) tertentu didapat dari satu dikurangi dengan probabilitas terjadinya kerusakan selama waktu operasi t tersebut . Adapun fungsi keandalannya adalah :

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

$$R(tp) = \int_{t}^{s} f(t)\, dt \qquad \text{..... Rumus 2.1}$$

$$R(tp) = 1 - f(t) = 1 - \int_{t}^{s} f(t)\, dt$$

Jika t menuju tak terhingga , maka R (tp) Menuju nol . F (tp) merupakan distribusi funngsi kerusakan atau fungsi ketidakhandalan. (Zacks, 1992)

2.1.6.1 Fungsi Laju Kerusakan (*Hazard Fungtion*)

Laju kerusakan (*failure rate*) merupakan laju dimana kerusakan terjadi pada interval waktu yang ditetapkan . Laju kerusakan (λ) dirumuskan sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{f}{t} \qquad \text{.....Rumus 2.2}$$

dimana : λ = Laju kerusakan

f = jumlah kerusakan yang terjadi

t = Waktu Operasi keseluruhan

Distribusi peluang kontinu merupakan distribusi yang sering digunakan untuk menganalisis kerusakan mesin . Pendekatan yang sering digunakan pada periode useful life adalah distribusi eksponensial dengan parameter λ, EXP, (λ) . Distribusi eksponensial digunakan secara luas dalam bidang teknik keandalan sebagai suatu model tahan hidup suatu komponen atau sistem .Dalam penerapan ini parameter X dinamakan tingkat kegagalan sistem itu dan mean distribusi itu $1/\lambda$ dinamakan mean tahan hidup . Distribusi eksponensial mempunyai densitas sebagai berikut :

F (tp) = $\lambda e^{-\lambda t}$ untuk t $\geq$ 0

Dengan t = waktu

Dan fungsi keandalannya adalah :

R (tp) = $e^{-\lambda t}$ untuk $t \geq 0$

Fungsi kerusakan :

$h(tp) = \frac{f(tp)}{R(tp)}$ untuk t $\geq$ 0 (Zacks, 1992)

2.1.6.2. Fungsi Distribusi Kerusakan

Setiap mesin memiliki karakteristik kerusakan yang berbeda-beda. Sejumlah mesin yang sama jika dioperasikan dalam kondisi yang berbeda akan memiliki karaketistik kerusakan yang berbeda. Bahkan mesin yang sama juga jika dioperasikan dalam kondisi yang sama akan memiliki karakteristik kerusakan yang berbeda. Dalam menganalisai perawatan ada beberapa jenis distribusi yang umum dipakai yaitu distribusi normal, lognormal, eksponensial dan weibull.

1. Distribusi Normal .

Distribusi normal (*Gausian*) mungkin merupakan distribusi probabilitas yang paling penting baik dalam teori maupun aplikasi statistik. Distribusi ini digunakan jika pengaruh suatu kerandoman diakibatkan oleh sejumlah besar variasi random yang tidak bergantungan (saling bebas/ independent) yang kecil atau sedikit. Distribusi ini cocok digunakan untuk model *wear out* mesin.

a. Fungsi Kepadatan Probabilitas (Probability Density Function)

$$f(tp) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\exp\left[-\frac{(t-\mu)}{2\sigma}\right]; -\infty < t < \infty, \sigma > 0, -\infty < \mu < \infty .$$

μ = harga rata – rata

σ = standart deviasi

b. Fungsi Kumulatif Kerusakan (Cumulative Density Function)

$$F(tp) = \phi\left[\frac{t-\mu}{\sigma}\right]$$

μ = harga rata – rata

σ = standart deviasi

ϕ = nilai z yang didapat dari tabel distribusi normal

c . Fungsi Keandalan (Reliability Function)

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

d. Fungsi Laju Kerusakan (Hazard Rate Function)

$$h(tp) = \frac{f(tp)}{R(tp)}$$

2. Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal merupakan distribusi yang berguna untuk menggambarkan distribusi kerusakan untuk situasi yang bervariasi. Distribusi lognormal banyak digunakan di bidang teknik, khusunya sebagai model untuk berbagai jenis sifat material dan kelelahan material.

Fungsi-fungsi dalam distribusi lognormal adalah:

a. Fungsi Kepadatan Probabilitas (Probability Density Function)

$$f(tp) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}st}\exp\left[-\frac{1}{2s^2}\ln\left(\frac{t}{tmed}\right)\right]^2$$

b. Fungsi Kumulatif Kerusakan (Cumulative Density Function)

$$F(tp) = \phi\left[\frac{1}{s}\ln\frac{t}{tmed}\right]$$

s = standar deviasi

t_{med} = nilai tengah waktu kerusakan

c . Fungsi Keandalan (Reliability Function)

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

d. Fungsi Laju Kerusakan (Hazard Rate Function)

$$h(tp) = \frac{f(tp)}{1-\phi\left(\frac{1}{s}\ln\frac{t}{tmed}\right)}$$

Variansi : $\sigma^2 = t^2 med \exp(s^2) [\exp(s^2)-1]$

3. Distribusi Eksponensial

Menggambarkan suatu kerusakan dari mesin yang disebabkan oleh kerusakan pada salah satu komponen dari mesin atau peralatan yang menyebabkan mesin terhenti. Dalam hal ini kerusakan tidak dipengaruhi oleh unsur pemakaian peralatan. Dengan kata lain distribusi ini memiliki kelajuan yang konstan terhadap waktu. Distribusi eksponensial akan tergantung pada nilai λ, yaitu laju kegagalan (konstan).

a. Fungsi Kepadatan Probabilitas (Probability Density Function)

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

b. Fungsi Kumulatif Kerusakan (Cumulative Density Function)

$$F(tp) = 1 - \lambda e^{-\lambda t}$$

c . Fungsi Keandalan (Reliability Function)

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

d. Fungsi Laju Kerusakan (Hazard Rate Function)

$$h(tp) = \frac{f(tp)}{R(tp)} \lambda$$

Variansi : $\sigma^2 = 1/\lambda$ untuk $t \geq 0$, $\lambda \geq$

4. Distribusi Weibull

Distribusi weibull pertama sekali diperkenalkan oleh ahli fisika dari Swedia Wallodi Weibull pada tahun 1939. Dalam aplikasinya, distribusi ini sering digunakan untuk memodelkan “waktu sampai kegagalan” (*time to failure*) dari suatu sistem fisika. Ilustrasi yang khas, misalnya pada sistem dimana jumlah kegagalan meningkat

dengan berjalannya waktu (misalnya keausan bantalan), berkurang dengan berjalannya waktu (misalnya daya hantar beberapa semi konduktor) atau kegagalan yang terjadi oleh suatu kejutan *(shock)* pada sistem.

Distribusi weibull merupakan keluarga distribusi kerusakan yang paling sering dipakai sebagai model distribusi masa hidup *(life time).* Distribusi Weibull merupakan distribusi empirik sederhana yang mewakili data yang aktual. Distribusi ini biasa digunakan dalam menggambarkan karakteristik kerusakan dan keandalan pada komponen.

a. Fungsi Kepadatan Probabilitas (Probability Density Function)

$$f(tp) = \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right]$$

β = parameter bentuk

α = parameter lokasi

$t \geq \gamma$; $\alpha, \beta \geq 0$

b. Fungsi Kumulatif Kerusakan (Cumulative Density Function)

$$F(tp) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}\right]$$

c . Fungsi Keandalan (Reliability Function)

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

R (tp) = 1 - F(tp)

d. Fungsi Laju Kerusakan (Hazard Rate Function)

$$h(tp) = \frac{f(tp)}{R(tp)} = \frac{\beta}{\alpha}\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}$$

Parameter β disebut dengan parameter bentuk atau kemiringan weibull (*weibull slope*), sedangkan parameter α disebut dengan parameter skala atau karakteristik hidup. Bentuk fungsi distribusi weibull bergantung pada parameter bentuknya (β), yaitu:

B < 1 : Distribusi weibull akan menyerupai distribusi *hyper-exponential* dangan laju kerusakan cenderung menurun.

B = 1 : Distribusi weibull akan menyerupai distribusi eksponensial dangan laju kerusakan cenderung konstan.

B > 1 : Distribusi weibull akan menyerupai distribusi normal dangan laju kerusakan cenderung meningkat (Zacks, 1992)

2.1.7. Mean Time To Failure (MTTF)

Mean time to failure merupakan rata- rata selang waktu antar kerusakan dari suatu distribusi kerusakan. Perhitungan masing-masing distribusi adalah :

a. Distribusi Normal

MTTF = μ

b. Distribusi Lognormal

MTTF = t *med* . e $\frac{s^2}{2}$

c. Distribusi Eksponensial

MTTF = $\frac{1}{\lambda}$

d. Distribusi Weibull

MTTF = $\alpha.\Gamma(1+\frac{1}{\beta})$

Γ= Nilai Fungsi Gamma (Zacks, 1992)

2.1.8. Mean Time To Repair (MTTR)

Mean time to failure merupakan rata- rata perbaikan,distribusi data untuk waktu perbaikan. Perhitungan masing-masing distribusi adalah :

a. Distribusi Normal

MTTR = t *med* . e $\frac{s^2}{2}$

b. Distribusi Lognormal

MTTR = t *med* . e $\frac{s^2}{2}$

c. Distribusi Eksponensial

MTTR = $\frac{1}{\lambda}$

d. Distribusi Weibull

MTTR = $\alpha.\Gamma(1+\frac{1}{\beta})$ (Zacks, 1992)

2.1.9. Metode *Age Replacement*

Metode *age replacement* yaitu metode perawatan pencegahan yang dilakukan dengan menetapkan interval waktu perawatan pencegahan selang waktu kerusakan yang menuntut adanya tindakan perbaikan penggantian dengan kriteria minimasi (Jardine, 1973). Dalam model *age replacement* saat untuk dilakukan pergantian

pencegahan pada umur pakai dari komponen. Penggantian pencegahan dilakukan dengan menetapkan kembali interval yang telah ditentukan. Jika terjadi kerusakan yang menuntut untuk dilakukannya tindakan penggantian.

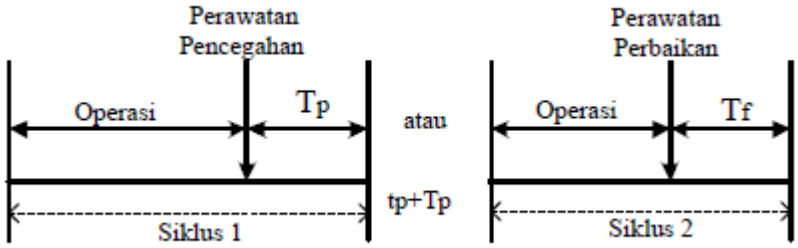
Dalam melakukan penurunan model penggantian ada beberapa asumsi yang dikembangkan untuk memfokuskan pada permasalahan yaitu:

a. Laju kerusakan komponen bertambah sesuai dengan peningkatan pemakaian.
b. Peralatan yang telah dilakukan penggantian komponen akan kembali kepada kondisi semula, tidak ada permasalahan dalam persediaan komponen.

Pada model *age replacement* ini terdapat dua siklus operasi yaitu:

a) Siklus pencegahan yang diakhiri dengan kegiatan penggantian pencegahan. Ditentukan melalui komponen yang telah mencapai umur penggantian sesuai dengan yang telah direncanakan.
b) Siklus pencegahan yang diakhiri dengan kegiatan penggantian kerusakan. Ditentukan melalui komponen yang telah mengalami kerusakan sebelum waktu penggantian yang telah ditetapkan sebelumnya.

Kedua siklus pada model age replacement dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.1 Siklus model age Replacement

Perhitungan Model *Age Replacement* untuk meminimasi *Downtime* dengan rumus:

$$D(tp) = \frac{Tp.R(tp) + Tf\left(1 - R(tp)\right)}{\left(tp + Tp\right).R(tp) + \left(M(tp) + Tf\right).\left(1 - R(tp)\right)}$$

$$M(tp) = \left[\frac{MTTF}{1 - R(tp)}\right]$$

Keterangan :

tp = Interval penggantian pencegahan

Tf = Waktu untuk melakukan perbaikan kerusakan

Tp = Waktu untuk melakukan penggantian pencegahan

F(tp) = Fungsi kepadatan peluang dari waktu kerusakan

R(tp) = Probabilitas terjadinya siklus pencegahan

M(tp) = Nilai ekspektasi panjang siklus kerusakan jika penggantian dilakukan.

D(tp) = Probabilitas total *downtime* per unit waktu untuk penggantian pencegahan.

Perhitungan Model *Age Replacement* untuk meminimasi biaya dengan rumus:

$$C(tp) = \frac{Cp.R(tp) + Cf\left(1 - R(tp)\right)}{\left(tp + Tp\right).R(tp) + \left(M(tp) + Tf\right).\left(1 - R(tp)\right)}$$ **.....Rumus 2.3**

Keterangan :

tp = Interval penggantian pencegahan

Cf = Biaya penggantian tidak terencana (penggantian kerusakan)

Cp = Biaya penggantian terencana (penggantian pencegahan)

F(tp) = Fungsi kepadatan peluang dari waktu kerusakan

R(tp) = Probabilitas terjadinya siklus pencegahan

Tf = Waktu untuk melakukan perbaikan kerusakan

C(tp) = Total Biaya perawatan pencegahan.

2.2. Penelitian Terdahulu

Untuk mendukung teori yang berkaitan dengan penelitian, penulis mencantumkan beberapa penelitian terdahulu mengenai Preventive Maintenance, Metode Age Of Replacement, Minimasi Downtime & Biaya Perawatan.

1. Penelitian terdahulu oleh Jaka Purnama, Yosua Anggara Putra dan Moch. Kalamollah tahun 2015 yang berjudul "Metode Age Replacement Digunakan Untuk Menentukan Interval Waktu Perawatan Mesin Pada Armada Bus". Hasil penelitian menunjukkan bahwa perusahaan dapat melakukan penghematan sebesar 37%. Penelitian menggunakan metode age replacement atau umur penggantian.
2. Penelitian terdahulu oleh Asmeati dan Hammada Abbas yang berjudul "Analisis Total Preventive Maintenance Dalam Meminimasi Downtime Tools Kritis dan meningkatkan Realibilty pada Mesin Finish Mill". Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi perawatan yang seharusnya dilakukan oleh perusahaan dalam menghindari breakdown dan meminimasi downtime adalah penentuan waktu interval perawatan subsistem atau komponen penyebab kerusakan utama pada finish mill antara 315.6702 jam atau 13 hari sampai dengan 920.0141 jam atau 38 hari.

3. Penelitian terdahulu oleh Much Djunaidi dan Eko Bakdiyono tahun 2012 yang berjudul “Minimasi Biaya Perawatan Dengan Menggunakan Metode Preventive Maintenance Policy”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa diusulkan jadwal perawatan mengikuti kebijakan repair untuk kerusakan komponen klasifikasi A. Untuk kerusakan komponen klasifikasi B diterapkan kebijakan preventive maintenance setiap 5 bulan. Dan untuk kerusakan komponen klasifikasi C diterapkan kebijakan preventive maintenance setiap 7 bulan.
4. Penelitian terdahulu oleh Yugowati Praharsi, Iphov Kumala Sriwana, dan Dewi Maya Sari tahun 2015 yang berjudul “Perancangan Penjadwalan Preventive Maintenance pada PT Artha Prima Sukses Makmur”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode age replecement penghematan dapat dilakukan sebesar 38%.
5. Penelitian terdahulu oleh Rizki Wahyuniardi, Arumsari H., dan Rizki Triana tahun 2016 yang berjudul “Penentuan Interval Perawatan Dengan Menggunakan Model Age Of Replacement Di PT.X ”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan mengghitung interval penggantian pencegahan komponen,sehingga diharapkan dapat mencegah terjadinya kerusakan komponen secara tiba-tiba dan dapat meminimasi downtime yang diakibatkan kerusakan komponen dari 54,50 jam menjadi 6,94 jam. Dihasilkan pula penurunan total biaya dengan perawatan dari Rp.197.427.088,94 menjadi Rp.119.902.134,59.
6. Penelitian terdahulu oleh Shabrina Dyah Mutiara, Arif Rahman, dan Ihwan Hamdala yang berjudul “ Perencanaan Preventive Maintenance Komponen Cane

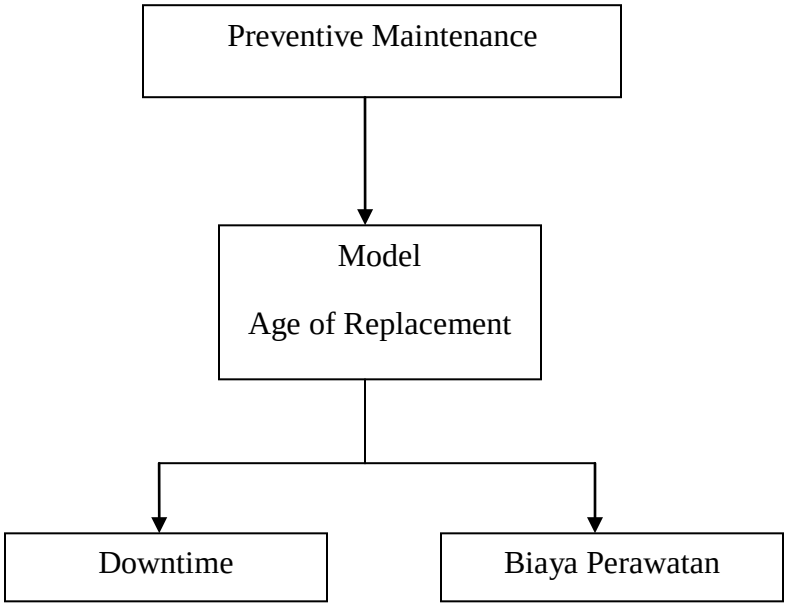
Cutter I Dengan Pendekatan Age Replacement ". Hasil penelitian menunjukan Preventive maintenance akan mengurangi downtime sebesar 2,403 jam setiap musim giling, meningkatkan tingkat availability sebesar 0,055% dan meningkatkan tingkat reliability sebesar 66%. Namun biaya maintenance juga meningkat dari sebelumnya sebesar Rp. 90.587.729 menjadi Rp. 104.969.103.

2.3. Kerangka Pemikiran

Menurut (Assauri S. , 2008) *Preventive maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi.

Metode *age replacement* yaitu metode perawatan pencegahan yang dilakukan dengan menetapkan interval waktu perawatan pencegahan selang waktu kerusakan yang menuntut adanya tindakan perbaikan penggantian dengan kriteria minimasi (Jardine, 1973)

Dengan dilaksanakanya kegiatan Preventive Maintenance secara terjadwal dengan metode Age Replacement diharapkan mampu miminimalisasi downtime dan biaya perawtan. Dengan demikian kerangka pemikiran yang dapat peneliti susun adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2 Kerangka Pemikiran