

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di perusahaan PT PJB UBJOM PLTU Pacitan yang bergerak dibidang pembangkitan listrik. Objek penelitian yang diambil yaitu mesin BFP-T pada sistem turbin unit 2 yang digunakan untuk mengirimkan air pengisi yang merupakan bahan baku uap penggerak turbin dari deaerator ke boiler (*steam drum*) listrik. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2018 sampai dengan Mei 2018.

#### 3.2 Metode Pengumpulan Data

Dalam menghimpun data yang diperlukan, maka perlu digunakan metode pengumpulan data sebagai berikut:

##### 3.2.1 Data Primer

Data Primer merupakan data yang didapatkan langsung dari obyek yang diteliti. Teknik yang digunakan adalah:

- a. Teknik wawancara yaitu dilakukannya tanya jawab dengan pihak-pihak yang berkaitan dengan masalah yang akan diteliti, dimana didalam hal ini adalah *supervisor so-turbine*.
- b. Metode observasi atau pengamatan yang dilakukan langsung terhadap objek penelitian yaitu *plant turbine* unit 2 pada bagian mesin BFPT A.

- c. Teknik dokumentasi yaitu pengumpulan data yang penyelidikinya ditunjukkan pada penjelasan dan pemaparan melalui berbagai sumber dokumen.

### 3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari data yang didapatkan dari berbagai *literature* dan dokumen yang terkait dengan *maintenance* yang mendukung terbentuknya suatu landasan teori dalam penelitian ini.

### 3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan cara teknik wawancara langsung dengan pihak perusahaan yang berkaitan serta melakukan pengamatan secara langsung jalannya produksi. Data yang diperlukan didalam laporan ini adalah:

- a. Data umum perusahaan
- b. Data mesin dan komponennya
- c. Data gangguan mesin di PLTU unit 2 tahun 2014-2018
- d. Data *downtime* atau waktu antar kerusakan tiap komponen BFPT A dari tahun 2014-2018 unit 2
- e. Data mode kegagalan, penyebab beserta efek yang ditimbulkan

### 3.4 Metode Pengolahan Data

Terdapat dua metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan *Age Replacement*. Berikut ini merupakan tahapan dari penelitian ini.

1. *Reliability Centered Maintenance* (RCM).

Data Primer yang diperoleh melalui wawancara diolah dalam metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). RCM memberikan penjelasan mengenai mode kegagalan dari setiap komponen mesin beserta efek yang ditimbulkannya. Berikut ini adalah tahapan pada metode RCM :

- a. *Function Block Diagram* (FBD)

Pendeskripsian sistem dilakukan untuk mengetahui komponen –

komponen yang terdapat dalam sistem tersebut dan diuraikan secara mendetail yang kemudian digambarkan dalam bentuk blok diagram fungsi.

b. *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*

Tahapan dalam pembuatan FMEA yaitu dengan melengkapi matriks komponen dari masing-masing sub mesin dan kegagalan fungsi. Pengisian FMEA ini dilakukan oleh satu orang responden yaitu supervisor bagian Sistem Operasi (SO)- *Turbine* yang bertanggung jawab dan mengkoordinir seluruh operasi pada bagian *turbine system*. Nilai *Risk Priority Number (RPN)* dapat digunakan untuk melihat mesin yang paling kritis untuk diberikan perlakuan khusus terhadapnya.

$$RPN = severity \times occurrence \times detection \quad \dots\dots(3.1)$$

c. *Logic Tree Analysis (LTA)*

Tahapan LTA dilakukan untuk memberikan prioritas pada tiap mode kerusakan dan melakukan tinjauan dan fungsi sehingga status mode tidak sama. Pengklasifikasian LTA ini dilakukan oleh satu orang responden yaitu supervisor bagian Sistem Operasi (SO)- *Turbine* yang bertanggung jawab dan mengkoordinir seluruh operasi pada bagian *turbine system*. Empat hal yang penting didalam analisis LTA adalah sebagai berikut:

1. *Evident*, yaitu apakah operator dalam kondisi normal dapat mengetahui bahwa telah terjadi adanya kegagalan?
2. *Safety*, yaitu apakah adanya kegagalan tersebut dapat membahayakan keselamatan?
3. *Outage*, yaitu apakah mode kegagalan ini dapat mengakibatkan seluruh atau sebagian sistem terhenti?
4. *Category*, yaitu mengklasifikasikan jawaban dari pertanyaan yang diajukan kedalam beberapa kategori.

Pada bagian ini kategori LTA dibagi menjadi 4 yaitu:

- a. Kategori A (*Safety problem*)
- b. Kategori B (*Outage problem*)
- c. Kategori C (*Economic problem*)
- d. Kategori D (*Hidden Failure*)

e. *Selection Task* (Pemilihan Tindakan)

Proses ini untuk mengetahui tindakan yang tepat untuk mode kerusakan tertentu dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang terdapat didalam diagram *selection task*. Pengisian *Selection Task* ini dilakukan oleh satu orang responden yaitu supervisor bagian Sistem Operasi (SO)- *Turbine* yang bertanggung jawab dan mengkoordinir seluruh operasi pada bagian *turbine system*. Jawaban dari pertanyaan yang telah terjawab akan menghasilkan sebuah tindakan perawatan yang terdiri dari *Condition Directed* (CD), *Time Direct* (TD) dan *Finding Failure* (FF). Berikut ini penjelasan mengenai tindakan perawatan:

1. Kategori A (*Safety problem*)

Yaitu apabila mode kegagalan mempunyai konsekuensi membahayakan keselamatan bahkan menyebabkan kematian pada seseorang.

2. Kategori B (*Outage problem*)

Yaitu apabila mode kegagalan mempunyai konsekuensi terhadap *operasional plant* seperti kuantitas, dan kualitas produk terhadap hasil produksi yang dapat membengkakkan biaya.

3. Kategori C (*Economic problem*)

Yaitu apabila mode kegagalan tidak mempunyai konsekuensi terhadap *safety* maupun terhadap *operasional plant*, dan hanya mempengaruhi ekonomi yang relatif kecil meliputi biaya perbaikan.

4. Kategori D (*Hidden Failure*)

Yaitu apabila mode kegagalan memiliki dampak secara langsung, namun apabila perusahaan tidak menanggulangnya resiko ini akan menjadi serius bahkan dapat memicu kegagalan lainnya.

2. Penentuan Komponen Kritis

Penentuan komponen kritis ditentukan dengan melihat hasil dari nilai RPN tertinggi pada tahap FMEA pada metode RCM.

3. Penentuan *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR)

Untuk TTF perhitungan didapatkan dari selisih periode komponen diperbaiki dengan rusaknya komponen pada hari berikutnya. Sedangkan perhitungan TTR

didapatkan dari selisih antara komponen mengalami kerusakan sampai komponen selesai diperbaiki.

4. Penentuan Distribusi *Time to Failure* (TTF) dan *Time to Repair* (TTR)

Menurut *Ebeling* (1997,p362), untuk mengidentifikasi distribusi yang digunakan dalam mendapatkan lamanya waktu perbaikan untuk waktu kerusakan yaitu dengan *least-square curve fitting*.

Metode *least-square curve fitting* mengidentifikasi distribusi dari sebuah komponen dengan menggunakan nilai *index of fit* (r) yang terbesar yang akan terpilih. Menurut *Walpole* (1995) terdapat metode umum dalam perhitungan metode *least-square curve fitting* yaitu :

a. Nilai Tengah Kerusakan ( *Medium Rank*)

$$F(t_i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \dots\dots(3.2)$$

Dimana: i = data waktu ke i

n = jumlah data kerusakan

b. *Index of fit*

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n XiYi - (\sum_{i=1}^n Xi \sum_{i=1}^n Yi)}{\sqrt{n[\sum_{i=1}^n Xi^2 - (\sum_{i=1}^n Xi)^2]} \sqrt{[\sum_{i=1}^n Yi^2 - (\sum_{i=1}^n Yi)^2]}} \dots\dots(3.3)$$

Menurut *Walpole*(1997) perhitungan identifikasi distribusi awal untuk masing-masing distribusi adalah sebagai berikut:

a. Distribusi *Weibull*

$$Xi = \ln (ti) \dots\dots(3.4)$$

$$Yi = \ln \left[ \ln \left( \frac{1}{1-F(ti)} \right) \right] \dots\dots(3.5)$$

b. Distribusi Normal

$$Xi = ti \dots\dots(3.6)$$

$$Yi = Zi = \Phi^{-1} [F(ti)] = \frac{ti-\mu}{\sigma} \dots\dots(3.7)$$

Dimana ti adalah data ke -i

Nilai Zi didapat dari tabel *Standart Normal Probabilities*.

c. Distribusi Lognormal

$$Xi = \ln(ti) \dots\dots(3.8)$$

$$Yi = Zi = \Phi^{-1} [F(ti)] = \Phi^{-1} \left[ \left( \frac{1}{s} \right) \ln ti - \left( \frac{1}{s} \right) \ln tmed \right] \dots\dots(3.9)$$

Nilai Zi didapat dari tabel *Standart Normal Probabilities*.

d. Distribusi *Ekspensial*

$$X_i = t_i \quad \dots\dots(3.10)$$

$$Y_i = \left[ \frac{1}{1-F(t_i)} \right] \quad \dots\dots(3.11)$$

5. Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan distribusi dimaksudkan untuk memastikan bahwa distribusi data yang telah dipilih benar-benar mewakili data. Uji kecocokan distribusi yang dilakukan adalah uji spesifik *Goodness of Fit* karena uji tersebut memiliki probabilitas yang lebih besar dalam menolak suatu distribusi yang tidak sesuai. *Test* ini adalah uji yang diambil setelah menentukan distribusi awal yang digunakan untuk membandingkan dua hipotesis yang berlawanan, yaitu :

$H_0$  : Data kerusakan atau perbaikan mendekati distribusi tertentu.

$H_1$  : Data kerusakan atau perbaikan tidak mendekati distribusi tertentu.

Menurut Ebeling (1997), pengujian untuk masing-masing distribusi berbeda-beda seperti pada berikut ini:

A. Uji *Bartllet* untuk Pengujian Distribusi Ekspensial

Hipotesis yang digunakan dalam uji *bartllet* adalah :

$H_0$  : Data *time failure* berdistribusi Ekspensial

$H_1$  : Data *time failure* tidak berdistribusi Ekspensial

Uji statistiknya :

$$B = \frac{2r[\ln(1/r) \sum_{i=1}^r t_i - (1/r) \sum_{i=1}^r \ln t_i]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}} \quad \dots\dots(3.12)$$

Dimana :

$r$  = jumlah kerusakan

$t_i$  = data waktu kerusakan ke- $i$

$B$  = nilai uji statistik untuk *Bartllet's Test*

$H_0$  diterima apabila nilai  $B$  berada didalam wilayah kritis dengan persamaan sebagai berikut:

$$X^2(1-\alpha/2) < B < X^2(\frac{\alpha}{2}) \quad \dots\dots(3.13)$$

B. Uji *Mann's Test* untuk Pengujian Distribusi *Weibull*

Menurut Ebeling (1997), Hipotesis yang digunakan dalam uji *mann* adalah :

$H_0$  : Data *time failure* berdistribusi *Weibull*

$H_1$  : Data *time failure* tidak berdistribusi *Weibull*

Uji statistiknya :

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} (\ln t_{i+1} - \ln t_i) / M_i}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} (\ln t_{i+1} - \ln t_i) / M_i} \dots\dots(3.1.4)$$

dengan :

$$k_1 = \left[ \frac{r}{2} \right] \dots\dots(3.15)$$

$$k_2 = \left[ \frac{r-1}{2} \right] \dots\dots(3.16)$$

$$M_i = Z_{i+1} - Z_i \dots\dots(3.17)$$

$$Z_i = \ln \left[ - \ln \left( 1 - \frac{i-0,5}{n+0,25} \right) \right] \dots\dots(3.18)$$

Dimana :

$t_i$  = data antar waktu kerusakan ke-i

$n$  = jumlah data antar kerusakan suatu komponen

$M_i$  = Nilai pendekatan Mann untuk data ke-i

$M$  = Nilai perhitungan distribusi *Weibull*

$M_{0,05; 2k_2; 2k_1}$  = Nilai Distribusi *Weibull*

$r$  = banyaknya data

$r/2$  = bilangan bulat

$k_1$  =  $r/2$

$k_2$  =  $(r-1)/2$

Bila  $M > F_{crit}$  maka  $H_1$  diterima. Namun sebaliknya apabila  $M < F_{crit}$  maka  $H_1$  ditolak. Nilai  $F_{crit}$  diperoleh dari tabel distribusi F dengan  $v_1 = 2k_1$  dan  $v_2 = 2k_2$ .

C. Uji *Kolmogorov-Smirnov test*

Menurut Ebeling (1997), Hipotesis yang digunakan untuk uji kolmogorov-Smirnov adalah:

$H_0$  : Data *time failure* berdistribusi normal ( lognormal)

$H_1$  : Data *time failure* tidak berdistribusi normal ( lognormal)

Tes statistik,  $D_n = \max (D_1, D_2)$

Dimana :

$$D_1 = \max \phi \left( \frac{t_i - \mu}{s} \right) - \left( \frac{t-1}{n} \right) \dots\dots(3.19)$$

$$D_2 = \max \left( \frac{i}{n} \right) - \phi \left( \frac{t_i - \mu}{s} \right) \dots\dots(3.20)$$

$$Cumulative Probability F(t) = \left( \frac{t_i - \mu}{\sigma} \right) \dots\dots(3.21)$$

$$\mu = \left( \frac{\sum_{i=1}^n \ln ti}{n} \right) \dots\dots(3.21)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\ln ti - \mu)^2}{n}} \dots\dots(3.22)$$

Dimana:

- ti = *time to failure* ke-i
- μ = Rata- rata *time to failure*
- s = Standart deviasi
- n = Banyaknya data

Bila nilai  $D_n < D_{crit}$  maka  $H_0$  diterima , Nilai  $D_{crit}$  diperoleh dari tabel *critical value for the Kolmogorov-Smirnov test for normality*. Perbedaan pengujian distribusi normal dengan lognormal adalah pada penggunaan ti apabila lognormal menggunakan nilai  $ti = \ln (ti)$ .

6. Estimasi Parameter yang digunakan yaitu menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE). Menurut Ebeling (1997) masing-masing parameter untuk tiap distribusi adalah sebagai berikut:

a. Distribusi *Weibull*

Parameter untuk distribusi weibull adalah β (*shape parameter*) dan θ (*scale parameter*).

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n ti^\beta \ln(ti)}{\sum_{i=1}^n ti^\beta} - \frac{1}{\beta} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(ti) = 0 \dots\dots(3.23)$$

a =

$$\frac{\sum yi - b * \sum Xi}{n} \dots\dots(3.24)$$

Untuk menentukan θ, dengan rumus:

$$\theta = e^{-a/b} \dots\dots(3.25)$$

Keterangan :

ti =data waktu kerusakan ke-i

b. Distribusi Normal

Parameter pada distribusi normal adalah σ dan μ.

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n ti}{n} \dots\dots(3.26)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (ti - \mu)^2}{n}} ; \text{ untuk } n > 30 \dots\dots(3.27)$$

dan

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \mu)^2}{n}}; \text{ untuk } n \leq 30 \quad \dots\dots(3.28)$$

Keterangan:

$t_i$  = data waktu kerusakan ke- $i$

$n$  = banyaknya data kerusakan

$\mu$  = nilai tengah

$\sigma$  = standart deviasi

c. Distribusi Lognormal

Parameter yang digunakan pada distribusi lognormal adalah  $s$  (parameter bentuk) dan  $t_{med}$  (parameter lokasi).

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(t_i)}{n} \quad \dots\dots(3.29)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [\ln(t_i) - \mu]^2}{n}} \quad \dots\dots(3.30)$$

$$t_{med} = e^\mu \quad \dots\dots(3.31)$$

Keterangan:

$t_i$  = data waktu kerusakan ke- $i$

$n$  = banyaknya data kerusakan

$\mu$  = nilai tengah

$s$  = standart deviasi

d. Distribusi Eksponensial

Parameter yang digunakan untuk distribusi eksponensial adalah  $\lambda$ .

$$\lambda = \frac{n}{T} \quad \dots\dots(3.32)$$

Dimana :  $n$  = jumlah kerusakan

$$T = \sum_{i=1}^n t_i \text{ yaitu jumlah waktu kerusakan}$$

7. *Mean Time To Failure* (MTTF)

Menurut Ebeling (1997), MTTF atau *Mean Time To Failure* adalah nilai rata-rata selang waktu atau interval waktu kerusakan dimana rata-rata ini merupakan waktu ekspektasi terjadinya kerusakan. Menurut Ebeling (1997) perhitungan MTTF dapat dicari menggunakan rumus:

$$MTTF = E(t) = \int_0^\infty t f(t) dt \quad \dots\dots(3.33)$$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt} \text{ sehingga;} \quad \dots\dots(3.34)$$

$$MTTF = \int_0^\infty -\frac{dR(t)}{dt} t dt \quad \dots\dots(3.35)$$

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad \text{.....(3.36)}$$

Berikut ini merupakan perhitungan MTTF masing-masing distribusi sebagai berikut :

a. Distribusi *Weibull*

$$MTTF = \theta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad \text{.....(3.37)}$$

Nilai  $\theta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$  dapat dilihat pada tabel dari fungsi Gamma.

b. Distribusi Normal

$$MTTF = \mu \quad \text{.....(3.38)}$$

c. Distribusi Lognormal

$$MTTF = t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \quad \text{.....(3.39)}$$

d. Distribusi *Eksponensial*

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad \text{.....(3.40)}$$

#### 8. *Mean Time To Repair* (MTTR)

Menurut Ebeling (1997), MTTR atau *Mean Time To Repair* adalah nilai rata-rata yang diharapkan dari lamanya waktu perbaikan. Perhitungan MTTR dapat diperoleh dari rumus:

$$MTTR = \int_0^{\infty} th(t)dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t))dt \quad \text{.....(3.41)}$$

Keterangan:

(t) = fungsi kepadatan peluang untuk data waktu perbaikan

H(t) = fungsi distribusi kumulatif untuk data waktu perbaikan

Perhitungan MTTR untuk tiap distribusi dinyatakan sebagai berikut :

a. Distribusi *Weibull*

$$MTTR = \theta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \quad \text{.....(3.42)}$$

Nilai  $\theta \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$  dapat dilihat pada tabel dari fungsi Gamma.

b. Distribusi Normal

$$MTTR = \mu \quad \text{.....(3.43)}$$

c. Distribusi Lognormal

$$MTTR = t_{med} \cdot e^{\frac{s^2}{2}} \quad \text{.....(3.44)}$$

d. Distribusi *Eksponensial*

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} \quad \text{.....(3.45)}$$

9. *Age Replacement dengan Minimasi Downtime*

Penggantian pencegahan ini didasarkan pada *minimasi downtime* yaitu pemilihan hasil minimum untuk mengurangi waktu *downtime*. Perhitungan pada *Age Replacement* ini dilakukan dengan cara *trial and error* menggunakan distribusi yang sudah digunakan dan telah teruji valid pada proses sebelumnya. Demikian model penentuan interval penggantian pencegahan minimasi *downtime* dengan rumus sebagai berikut:

$$D(tp) = \frac{Tp.R(tp) + Tf.(1-R(tp))}{(tp + Tp).R(tp) + (M(tp) + Tf).(1-R(tp))} \quad \text{.....(3.46)}$$

Keterangan Rumus:

$tp$  = Interval waktu penggantian pencegahan

$Tf$  = Waktu untuk melakukan penggantian kerusakan komponen

$Tp$  = Waktu untuk melakukan penggantian preventif

$R(tp)$  = Probabilitas terjadinya penggantian pencegahan pada saat  $tp$

$M(tp)$  = Waktu rata-rata terjadinya kerusakan jika penggantian perbaikan pada masa  $t_p$

10. *Frekuensi Pemeriksaan dan Interval Waktu Pemeriksaan*

Tindakan pemeriksaan sangat dibutuhkan untuk menekan laju kerusakan, menjaga performansi mesin dan meminimasi *downtime* yang terjadi akibat kerusakan komponen yang terjadi secara tiba-tiba sehingga mengakibatkan pembengkakan biaya. Model untuk interval waktu pemeriksaan optimal tersebut menurut Jardine(1973) dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$D(n) = \lambda(n). Tf + n.Ti \quad \text{.....(3.47)}$$

$D(n)$  = *Downtime* yang terjadi karena perbaikan per unit waktu + *downtime* yang terjadi karena pemeriksaan per unit waktu

Dimana :

$$\lambda(n) = \frac{k}{n} \text{ sehingga: } \lambda'(n) = \frac{k}{n^2} \quad \text{.....(3.48)}$$

$$k = \frac{\text{frekuensi jumlah kerusakan}}{\text{periode terjadinya kerusakan}} \quad \text{.....(3.49)}$$

$$Tf = \frac{1}{\mu}; Ti = \frac{1}{i} \quad \text{.....(3.50)}$$

Sehingga ;

$$D(n) = \frac{\lambda(n)}{\mu} + \frac{n}{i} \text{ atau } D(n) = \frac{k}{n.\mu} + \frac{n}{i} \quad \text{.....(3.51)}$$

Jika persamaan diatas dideferensialkan akan menjadi:

$$D^{(n)} = \frac{k}{n^2 \cdot \mu} + \frac{1}{i} = 0 \quad \text{.....(3.52)}$$

Sehingga Frekuensi pemeriksaan:

$$n = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\mu}} \quad \text{.....(3.53)}$$

Keterangan:

$\lambda(n)$  = laju kerusakan yang terjadi

k = nilai konstan dari jumlah kerusakan persatuan waktu

Tf = Waktu rata-rata untuk melakukan penggantian

Ti = waktu rata-rata untuk melakukan pemeriksaan

n = frekuensi yang dilakukan per satuan waktu

#### 11. Perhitungan *Reliability* Sebelum dan Sesudah Dilakukan Tindakan Perawatan Pencegahan

Model keandalan berikut ini mengasumsi sistem kembali ke kondisi baru setelah menjalani perawatan pencegahan. Menurut ebeling(1997) rumus keandalan pada saat t untuk tiap-tiap distribusi sebelum adanya perawatan *preventive* adalah sebagai berikut:

##### 1. Distribusi Weibull

$$R(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t}{\theta} \right)^\beta \right] \quad \text{.....(3.54)}$$

##### 2. Distribusi Normal

$$R(t) = 1 - \Phi \left( \frac{t - \mu}{\sigma} \right) \quad \text{.....(3.55)}$$

##### 3. Distribusi Lognormal

$$R(t) = 1 - \Phi \left( \frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}} \right) \quad \text{.....(3.56)}$$

##### 4. Distribusi Eksponensial

$$R(t) = \exp (-\lambda t) \quad \text{.....(3.57)}$$

Sedangkan rumus untuk tiap-tiap distribusi setelah tindakan perawatan *preventive* dilakukan adalah sebagai berikut:

##### 1. Distribusi Weibull

$$R(t-nT) = \exp \left[ - \left( \frac{t-nT}{\theta} \right)^\beta \right] \quad \text{.....(3.58)}$$

##### 2. Distribusi Normal

$$R(t) = 1 - \Phi \left( \frac{(t-nT) - \mu}{\sigma} \right) \quad \text{.....(3.59)}$$

## 3. Distribusi Lognormal

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t-nT}{tmed}\right) \dots\dots(3.60)$$

## 4. Distribusi Eksponensial

$$R(t) = \exp(-\lambda(t-nT)) \dots\dots(3.61)$$

12. Perhitungan *Avaibility*

Langkah-langkah berdasarkan Walpole(1995) dalam perhitungan *availability* sebagai berikut:

1. *Availability* berdasarkan frekuensi pemeriksaan:

$$A(n) = 1 - D(n) \dots\dots(3.62)$$

$$D(n) = \frac{k}{\mu.n} + \frac{1}{i} \dots\dots(3.63)$$

2. *Availability* berdasarkan interval penggantian pencegahan:

$$A(tp) = 1 - [\min D(tp)] \dots\dots(3.64)$$

Dimana  $D(tp)$  merupakan total *downtime* persiklus.

3. *Availability* Total:

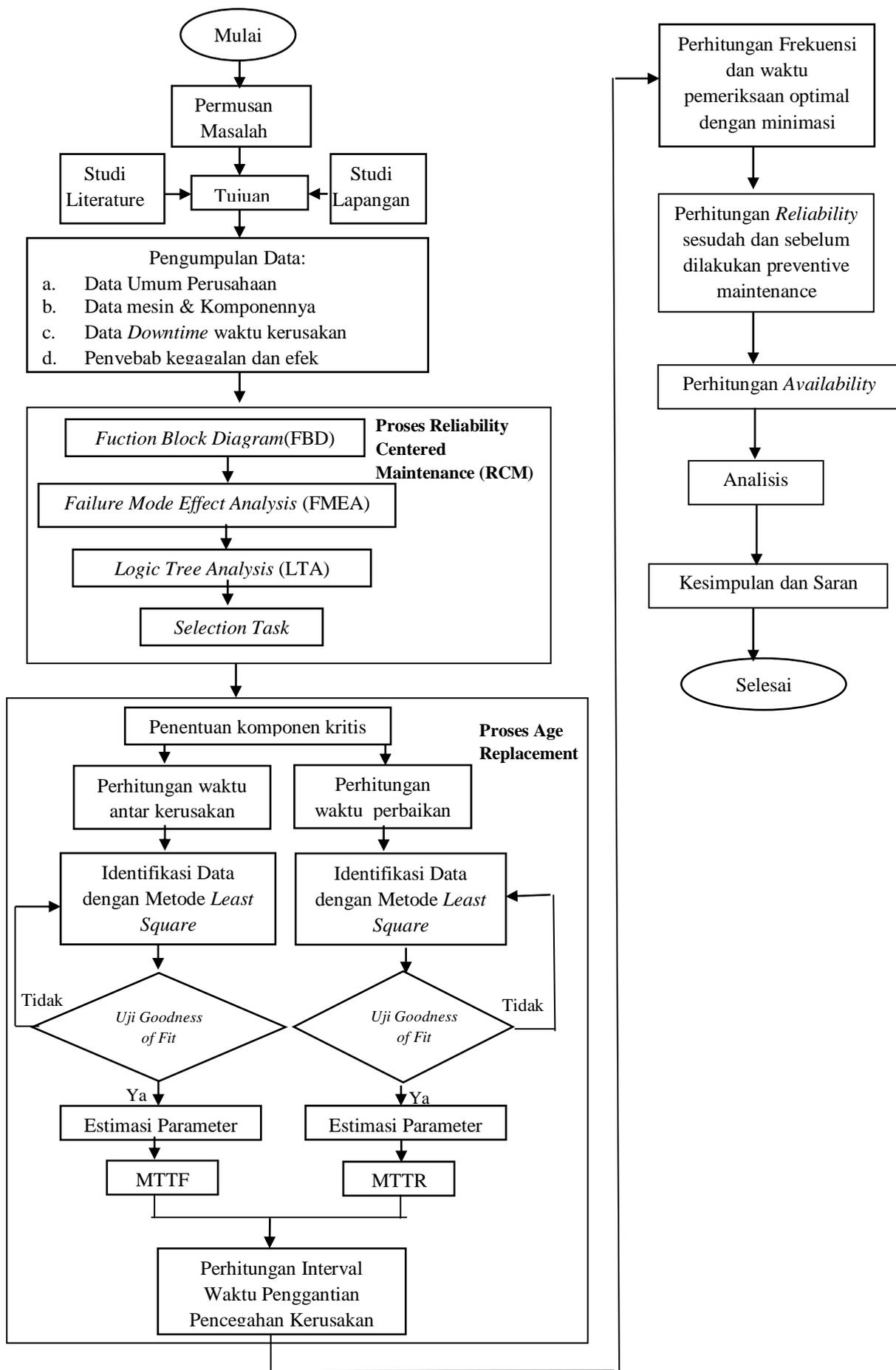
$$Availability = A(n) * A(tp) \dots\dots(3.65)$$

### 3.5 Alat Analisis

Alat analisis yang digunakan dalam pengolahan dan analisa data yaitu menggunakan laptop, *microsoft excel*, dan alat tulis.

### 3.6 Diagram Alir Penelitian

Alur penelitian dari dimulainya penelitian sampai akhir dari penelitian ini dapat digambarkan melalui *flowchart* pada Gambar 3.1 dibawah ini:



Gambar 3.1 Diagram Alir