

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perawatan (Maintenance)

Suatu komponen atau sistem yang bekerja terus menerus akan mengalami penurunan kinerja dan keandalan. Perawatan merupakan serangkaian aktifitas untuk memperbaiki, mengganti, dan memodifikasi suatu komponen atau sistem. Perawatan bertujuan untuk menjaga atau memperbaiki agar komponen tersebut dapat berfungsi seperti spesifikasi yang diinginkan dalam waktu dan kondisi tertentu.

2.1.1 Definisi Perawatan

Menurut Corder (1992), perawatan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima. Villemeur (1992) mendefinisikan perawatan sebagai keseluruhan kombinasi tindakan teknis maupun administratif yang bertujuan untuk memelihara, mengembalikan suatu peralatan dalam keadaan atau kondisi yang selalu dapat berfungsi. Assauri (1999), juga mengatakan bahwa, perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penggantian yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

Berdasarkan teori di atas maka perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas, mesin dan peralatan pabrik, mengadakan perbaikan, penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai apa yang diharapkan. Manajemen perawatan adalah pengorganisasian operasi perawatan untuk memberikan pandangan umum mengenai perawatan fasilitas industri. Pengorganisasian ini mencakup penerapan metode manajemen dan metode yang menunjang keberhasilan manajemen ini adalah suatu penguraian sederhana yang dapat diperluas melalui gagasan dan tindakan.

2.1.2 Tujuan Perawatan

Tujuan dilakukan tindakan perawatan adalah sebagai berikut:

1. Memperpanjang usia kegunaan aset (yaitu setiap komponen dari fasilitas produksi)
2. Menjamin ketersediaan optimum peralatan yang digunakan untuk produksi secara teknis dan ekonomis
3. Menjamin kesiapan operasional dari seluruh fasilitas yang diperlukan dalam kegiatan darurat setiap waktu, contoh; unit cadangan, unit pemadam kebakaran, dan tim penyelamat.
4. Menjamin keselamatan, keamanan dari pengguna yang berada dalam lingkungan proses produksi.

2.1.3 Jenis Perawatan

Tinjauan konvensional perawatan (maintenance) dapat di kategorikan kedalam dua jenis, yaitu:

1. Preventive Maintenance

Preventive maintenance merupakan aktifitas perawatan atau pemeliharaan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan-kerusakan yang tidak direncanakan. Perawatan ini dilakukan sebelum terjadinya kegagalan. *Preventive maintenance* digunakan pada komponen atau sistem yang termasuk dalam *critical* unit apabila konsekuensi dari kegagalan tersebut dapat membahayakan keselamatan dari pekerja dan mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan.

2. Corrective Maintenance

Corrective maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan atau perawatan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan. Perawatan ini dilakukan karena terdapat kinerja sistem yang tidak sesuai dengan standar yang ada. Corrective maintenance bertujuan untuk mengembalikan performa dan standar kinerja dari suatu komponen atau sistem ke kondisi semula. Pada dasarnya suatu perusahaan harus memiliki strategi yang baik dalam melakukan kegiatan perawatan terhadap aset yang dimiliki. Strategi yang baik akan meningkatkan keandalan dari komponen atau mesin.

2.2 Distribusi Kerusakan

Distribusi kerusakan menurut Ebeling (1997), adalah informasi dasar mengenai umur pakai suatu peralatan dalam suatu populasi distribusi yang sering digunakan adalah Eksponensial, lognormal, normal, dan weibull. Ebeling (1997), juga menegaskan bahwa distribusi kerusakan ini dapat memenuhi berbagai fase kerusakan jika sampelnya tergolong kecil maka penaksiran parameter distribusi dilakukan dengan metode kuadrat terkecil (*Least Squares Curve Fitting*).

Data yang digunakan dalam perhitungan dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu data diskrit dan data kontinyu. Data diskrit adalah data yang berupa atribut (seperti baik atau buruk, tolak atau terima), atau kejadian (seperti kecelakaan, kelahiran). Sedangkan data kontinyu adalah yang merupakan data hasil perhitungan kuantitas (Walpole, 1995). Karena data waktu kerusakan merupakan hasil pengukuran maka data yang digunakan dalam perhitungan kerusakan adalah data kontinyu, sehingga distribusi yang sesuai dengan data kontinyu yaitu distribusi eksponensial, lognormal, normal, dan weibull.

2.2.1 Distribusi Eksponensial

Ini adalah salah satu distribusi probabilitas yang paling banyak digunakan dalam bidang teknik, khususnya dalam pekerjaan keandalan. Hal ini relatif mudah ditangani dalam melakukan analisis.

Fungsi kepadatan probabilitas distribusi adalah:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2.1)$$

$$t = \text{waktu } t \geq 0$$

$$\lambda = \text{kecepatan rata-rata terjadinya kerusakan } \lambda > 0$$

Fungsi keandalan distribusi eksponensial adalah:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.2)$$

Nilai laju kerusakan :

$$\lambda(t) = \lambda \quad (2.3)$$

2.2.2 Distribusi Weibull

Distribusi ini dikembangkan oleh W. Weibull dari Royal Institute of Technology, Stockholm, pada awal 1950-an. Distribusi Weibull ini digunakan dalam teknik keandalan, dalam Distribusi Weibull dikenal adanya dua parameter yaitu parameter bentuk (β) dan parameter skala (η).

Fungsi kepadatan distribusi Weibull adalah:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (2.4)$$

Untuk $\beta = \text{stage parameter } \beta > 0$

$\eta = \text{skala parameter untuk karakteristik life time}$

Fungsi keandalan distribusi Weibull adalah :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (2.5)$$

Nilai laju kerusakan distribusi Weibull adalah :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad (2.6)$$

2.2.3 Distribusi Lognormal

Distribusi ini berguna untuk menggambarkan distribusi kerusakan untuk kondisi yang bervariasi. Disini time to failure dari suatu komponen diasumsikan memiliki distribusi lognormal jika $y = \lim(t)$, mengikuti distribusi normal dengan rata-rata y dan variasinya adalah x .

Fungsi padat peluang distribusi Lognormal adalah :

2.2.4 Distribusi Normal

Fungsi probabilitasnya :

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_i^{\infty} \exp\left| \frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right| dt \quad (2.7)$$

untuk $-\infty < t < \infty$, $\sigma > 0$ & $-\infty < \mu < \infty$

Fungsi keandalannya :

$$R(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_i^{\infty} \exp\left| \frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right| dt \quad (2.8)$$

Laju kerusakannya :

$$\lambda(t) = \frac{\exp\left| \frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right|}{\int_i^{\infty} \exp\left| \frac{-(t-\mu)^2}{2\sigma^2} \right|} \quad (2.9)$$

2.3 Penentuan Komponen Kritis

Setiap mesin terdiri dari berbagai jenis komponen-komponen penyusunnya. Masing-masing komponen memiliki kemungkinan mengalami kerusakan sehingga untuk mendapatkan kembali ke kondisi yang baik, komponen tersebut harus diperbaiki atau diganti. Namun tidak semua komponen mesin yang mengalami kerusakan berdampak signifikan terhadap beban non produksi perusahaan dari biaya perawatan yang harus dikeluarkan. Komponen-komponen menjadi kelompok komponen kritis. Jumlah komponen ini biasanya lebih sedikit dari komponen yang non kritis, namun biaya untuk pergantian komponennya lebih besar dari kelompok lainnya.

2.3.1 Penentuan Distribusi

Untuk menganalisis dan memecahkan persoalan dari kondisi yang riil yang ada di perusahaan, perlu diuraikan langkah-langkah pemecahannya, sehingga dapat memberikan gambaran yang jelas bagaimana persoalan tersebut dapat dipecahkan. Analisis kegagalan komponen kritis mesin dengan menggunakan pendekatan fungsi kepadatan berdasarkan kriteria yang sesuai dengan pola data yang terjadi. Fungsi kepadatan ini merupakan bentuk dari fungsi distribusi statistik yang menunjukkan kenampakan, ciri khas, dan karakteristik dari pola data yang terjadi. Pola dari distribusi yang terjadi tersebut merupakan bentuk representatif dari pola data aktual atau data pengamatan. Dari bermacam-macam distribusi yang ada saat ini, pada umumnya model yang sering digunakan untuk menganalisis distribusi waktu kejadian kerusakan atau kegagalan komponen berbentuk distribusi kontinyu seperti distribusi *normal*, *Lognormal*, *exponential*, dan *Weibull*. Untuk mempermudah penentuan distribusi kerusakan dibantu dengan software minitab 14.

2.3.2 Uji Kecocokan Distribusi Kerusakan

Pengujian distribusi bertujuan untuk mengetahui apakah sampel yang diambil mengikuti pola distribusi tertentu sesuai yang diasumsikan. Metode yang dipergunakan untuk uji kecocokan distribusi adalah dengan *Goodness Of Fit Test*.

Metode ini terdiri dari dua tipe, tipe pertama adalah *general test* atau uji umum, berguna untuk menguji lebih dari satu distribusi teoritis, sedangkan tipe kedua adalah *specific test* atau uji khusus berguna untuk menyesuaikan validitas data pada satu distribusi tertentu yaitu, distribusi *weibull*, *normal*, *lognormal*, dan *eksponensial* (Ebeling, 1997).

2.4 Reliability (Keandalan)

Menurut Charles E. Ebeling (1997) *Reliability* didefinisikan sebagai probabilitas bahwa sistem (komponen) akan berfungsi selama beberapa periode waktu t . Konsep *reliability* melibatkan metode statistik. Melalui pengukuran ini perusahaan memiliki gambaran tentang kondisi peralatan yang dimiliki, sehingga mampu memprediksi perlakuan terhadap peralatan tersebut. *Reliability* juga dapat dikuantifikasi dengan menggunakan rata-rata banyaknya kegagalan dalam rangka waktu tertentu (*failure rate*) Dapat pula dinyatakan sebagai lamanya waktu rata-rata antar kegagalan (*mean time between failure*, MTBF)

Rekayasa keandalan (*Reliability Enggining*) lahir sebagai akibat dari adanya kompleksitas terhadap penggunaan peralatan dan komponen, serta kerusakan yang terjadi sebagai dampak penggunaan alat yang mengakibatkan peningkatan biaya suku cadang, peralatan dan logistik. Keandalan tersebut difokuskan pada probabilitas, persyaratan performansi, waktu dan kondisi penggunaan. Pemahaman dari keempat komponen ini, memenuhi konsep "*failure rate*" yang dapat berubah sebagai fungsi waktu. Secara umum *reliability* akan mempengaruhi *availability* atau keberadaan alat untuk berfungsi dengan baik terutama untuk produk/barang yang *repairable* (dapat diperbaiki)

Secara umum, pengujian keandalan, bertujuan untuk :

1. Menentukan kondisi penggunaan peralatan
2. Mengukur keandalan peralatan untuk tujuan kontraktual, misalnya pada perjanjian ekspor-impor, sebagai *safety regulation*.
3. Mengkualifikasi perubahan desain proses untuk vendor
4. Memformulasikan kebijakan garansi maupun *service*
5. mengidentifikasi alur kegagalan design manufaktur
6. membantu pihak manajemen dalam memilih kebijakan strategi peralatan alat.

2.4.1 Fungsi Keandalan

Keandalan (*reliability*) adalah suatu probabilitas dimana sistem industri dapat berfungsi dengan baik pada periode tertentu (periode t) Guna menggambarkan kondisi ini secara matematis dimana variable acak kontinu T yang mewakili waktu

sistem (mesin), selama mengalami kerusakan ($T \geq 0$), maka keandalan (Reliability) dapat diekspresikan sebagai berikut .

$$R(t) = \Pr \{T \geq t\} \quad (2.10)$$

Dimana $R(t) \geq 0, R(0) = 1$, Jika nilai t diketahui, maka $R(t)$ merupakan probabilitas waktu, dimana mesin mengalami kerusakan adalah lebih besar atau sama dengan t .

Apabila di tentukan

$$F(t) = 1 - R(t) = \Pr\{T < t\} \quad (2.11)$$

Dimana $F(0) = 0$ dan $\lim_{t \rightarrow \infty} F(t) = 1$

maka $F(t)$ adalah probabilitas yang menunjukkan kerusakan mesin sebelum waktu t .

Apabila $R(t)$ dianggap sebagai fungsi keandalan dan $F(t)$ adalah fungsi distribusi kumulatif dari distribusi kerusakan. Fungsi tersebut dapat dinyatakan:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{dR(t)}{dt} \quad (2.12)$$

Fungsi ini disebut sebagai fungsi densitas probabilitas atau Probability Density Function (PDF). Fungsi tersebut menggambarkan bentuk dari distribusi kerusakan. PDF tersebut memiliki 2 fungsi yaitu :

$$f(t) \geq 0 \text{ dan } \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt = 1$$

Berdasarkan PDF , maka $f(t)$:

$$F(t) = \int_0^{\infty} t \cdot f(t') dt' \quad (2.13)$$

$$R(t) = \int_0^{\infty} t \cdot f(t') dt' \quad (2.14)$$

Dimana :

$R(t)$ =Fungsi Keandalan

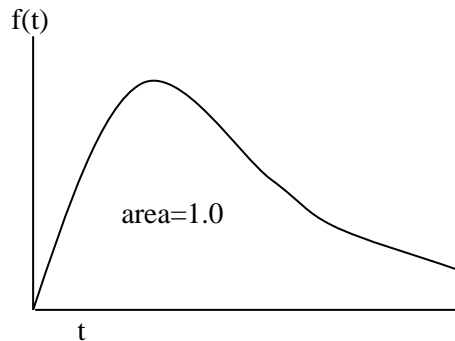
$F(t)$ =Probabilitas Kerusakan

T =Lamanya suatu peralatan beroperasi sampai dengan rusak yang merupakan variabel acak

Untuk $t \rightarrow 0, R(t) \rightarrow 1$, berarti sistem dalam keadaan baik..

Untuk $t \rightarrow \infty, R(t) \rightarrow 0$, berarti sistem dalam keadaan rusak.

Fungsi $R(t)$ secara normal digunakan pada saat keandalan sudah diketahui, dan fungsi $F(t)$ biasanya digunakan pada saat probabilitas kerusakan diketahui. Gambar 2.1 menunjukkan representasi visual dari distribusi kerusakan.



Gambar 2.1. Distribusi Kerusakan

2.4.2 Mean time to Failure (MTTF)

MTTF adalah waktu rata-rata selama kerusakan terjadi, yang di definisikan sebagai berikut :

$$MTTF = R(T) = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt \quad (2.15)$$

atau dapat juga di definisikan pada persamaan berikut :

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2.16)$$

Untuk menghitung distribusi data *mean time to failure* dapat dinyatakan sebagai berikut :

Distribusi Exponential:

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (2.17)$$

Distribusi Weibull:

$$MTTF = \alpha \tau \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.18)$$

Distribusi Normal:

$$MTTF = \mu \quad (2.19)$$

Distribusi Lognormal:

$$MTTF = \exp \left(\mu + \frac{\sigma^2}{2} \right) \quad (2.20)$$

2.4.3 Mean Time To Repair (MTTR)

MTTR adalah rata-rata waktu komponen untuk dilakukan perbaikan atau perawatan (*repair*). MTTR didasarkan atas lamanya perbaikan dan penggantian komponen yang mengalami kerusakan (*failure*)

$$E(T) = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2.21)$$

Untuk perhitungan *mean time to repair* pada masing masing distribusi memiliki kesamaan rumus dengan rumus perhitungan *mean time to failure*.

2.4.4 Mean Time Between Failure (MTBF)

MTBF (rata-rata waktu antar kegagalan) adalah suatu ukuran seberapa keandalan suatu produk atau komponen. Perhitungan MTBF dapat digunakan sebagai suatu acuan dasar ketika hendak melakukan suatu perancangan produk baru. MTBF dapat dikembangkan sebagai hasil dari pengujian intensive berdasar pada pengalaman produk nyata atau yang diramalkan dengan penelitian faktor yang sudah diketahui. MTBF dapat dirumuskan sebagai berikut :

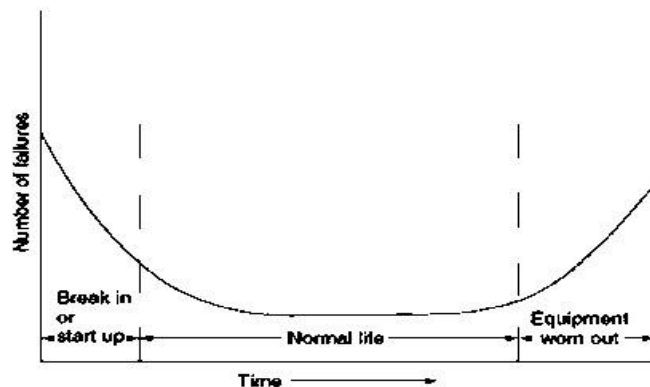
$$MTBF = MTTF + MTTR \quad (2.22)$$

2.5 Reliability Centered Maintenance (RCM)

Reliability centered maintenance didefinisikan sebagai sebuah proses yang digunakan dalam menentukan tindakan yang tepat diberikan untuk meyakinkan bahwa aset fisik yang dimiliki perusahaan dapat terus menjalankan fungsinya sesuai dengan yang diinginkan (Moubray, 1997).

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin agar suatu asset fisik dapat berlangsung terus memenuhi fungsi yang diharapkan dalam konteks operasinya saat ini atau suatu pendekatan pemeliharaan yang mengkombinasikan praktek dan strategi dari *preventive maintenance (pm)* dan *corrective maintenance (cm)* untuk memaksimalkan umur (*life time*) dan fungsi asset/sistem /*equipment* dengan biaya minimal (*minimum cost*).

Pemikiran utama dari RCM adalah semua mesin yang digunakan memiliki batas umur, dan jumlah kegagalan yang umumnya terjadi mengikuti “kurva bak mandi (*bathup curve*)” seperti terlihat dari Gambar berikut :



Gambar 2.2 Hubungan antara Jumlah Kegagalan mesin dan waktu pengoperasian
copy of ©2002 CRC Press LLC

Berdasarkan Moubray (1997), terdapat tujuh pertanyaan dasar yang harus diajukan agar implementasi dari RCM dapat berlangsung secara efektif, antara lain:

- 1) Apa fungsi-fungsi dan standar-standar prestasi dan kaitannya dengan asset dalam konteks operasinya saat ini?
- 2) Dengan jalan apa saja asset ini dapat gagal untuk memenuhi fungsi-fungsinya?
- 3) Apa yang menyebabkan masing-masing kegagalan fungsi?
- 4) Apa yang terjadi apabila setiap kegagalan timbul?
- 5) Apa saja yang dipengaruhi oleh setiap kegagalan?
- 6) Apa yang harus dilakukan untuk mencegah setiap kegagalan?
- 7) Apa yang harus dilakukan apabila suatu cara pencegahan tidak dapat ditemukan?

2.5.1 Tujuan *Reliability Centered Maintenance*

Tujuan utama dari RCM menurut Smith adalah mengoptimalkan *preventive maintenance* untuk:

1. Mempertahankan fungsi sistem
2. Mengidentifikasi modus kerusakan (*failure mode*)
3. Memprioritaskan kepentingan dari modus kerusakan
4. Memilih tindakan perawatan pencegahan yang efektif dan dapat diterapkan.

Sejalan dengan Smith, menurut Moubray tujuan utama RCM adalah:

1. Untuk mengembangkan desain yang sifat mampu dipeliharanya (*maintainability*) baik.
2. Untuk memperoleh informasi yang penting dalam melakukan improvement pada desain awal yang kurang baik.
3. Untuk mengembangkan sistem *maintenance* yang dapat mengembalikan kepada *reliability* dan *safety* seperti awal mula peralatan dari deteriorasi yang terjadi setelah sekian lama dioperasikan.
4. Untuk mewujudkan semua tujuan di atas dengan biaya minimum.

2.5.2 Prinsip – Prinsip *Reliability Centered Maintenance*

Dalam *reliability centered maintenance* memiliki prinsip – prinsip yang diantaranya adalah :

1. RCM difokuskan pada sistem atau peralatan. RCM berhubungan dengan fungsi sistem perawatan sebagai perlawanan pada perawatan dari fungsi komponen secara *individual*.

2. *Safety and economics drive RCM.* Keamanan adalah faktor yang sangat penting, hal itu harus dipastikan pada berbagai harga / pengeluaran dan efektifitas pengeluaran menjadi kriteria.
3. *RCM is function-oriented.* RCM memainkan sebuah peranan penting dalam pemeliharaan fungsi sistem atau peralatan.
4. *Design limitation are acknowledged by RCM.* Tujuan dari RCM adalah untuk merawat berdasarkan *reliability* dari desain peralatan atau sistem dan pada saat yang bersamaan mengetahui bahwa perubahan berdasarkan *reliability* hanya dapat dibuat melalui desain dari pada perawatan. Perawatan pada saat yang terbaik hanya dapat mendapatkan dan merawat tingkat *reliability* yang telah didesain.
5. *RCM is reability-centered.* RCM tidak hanya meliputi tingkat kerusakan yang sederhana, tetapi menempati peranan penting dalam hubungan antara umur pengoperasian dan kerusakan yang dialami. RCM mendapatkan statistik kerusakan pada kenyataan yang terjadi.
6. *An unsatisfactory condition is defined as a failure by RCM.* Sebuah kerusakan dapat mengurangi kualitas atau fungsi.
7. *RCM is a living system.* RCM mengumpulkan informasi dari hasil yang diterima dan mengembalikannya kembali untuk meningkatkan desain dan perawatan yang akan datang.

2.5.3 Dasar – dasar Kegiatan RCM

Proses RCM diterapkan untuk mengetahui tugas perawatan agar dilaksanakan dengan baik. RCM digunakan untuk menentukan aktivitas apa saja yang harus dilakukan untuk menjaga keandalan dan kemampu-rawatan (*maintainability*) suatu sistem dari sejak perancangannya. RCM proses diterapkan saat desain dan tahap pengembangan dan diterapkan kembali, setepat tahap operasional untuk melanjutkan program perawatan yang efektif berdasarkan pada pengalaman komponen tersebut. Berbagai proses RCM harus dipastikan bahwa semua pertanyaan berikut dijawab dengan efektif :

1. Apakah fungsi dari komponen berfungsi dengan baik dalam pengoperasiannya?
2. Bagaimana itu bisa gagal dari fungsi operasionalnya?
3. Apakah alasannya untuk masing – masing kegagalan fungsi tersebut?
4. Apa pengaruh dari masing – masing kegagalan tersebut?
5. Bagaimana kegagalan itu bisa terjadi?

6. Pengukuran apa yang harus dilakukan untuk mencegah atau memprediksi dari masing – masing kegagalan?

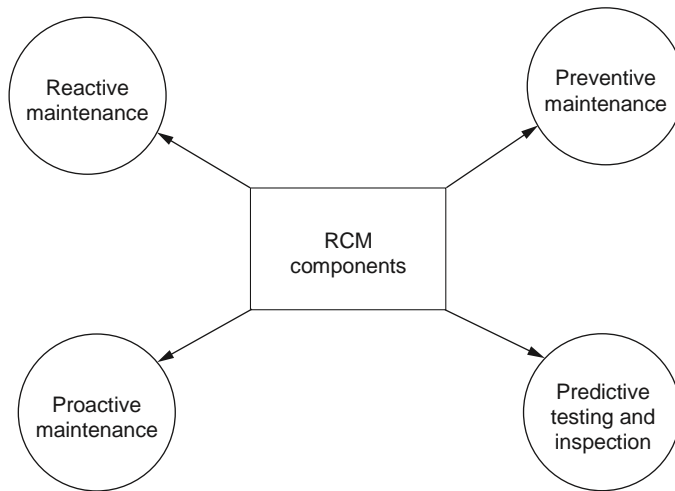
2.5.4 Langkah-langkah Penerapan RCM

Langkah-langkah yang diambil pada saat akan melaksanakan RCM :

1. Pembuatan Functional Block Diagram (FDB) dimana FDB sebagai langkah awal dalam menggambarkan sistem aliran kerja pada komponen Georg TBA core cut. Digambarkan dengan blok-blok yang saling berhubungan antar komponen Georg TBA core cut.
2. Identifikasi komponen yang penting untuk dimaintain, biasanya digunakan metode *Failure Mode Effect Criticality Analysis* (FMECA) dan *Logic Tree Analysis* (LTA).
3. Menentukan penyebab terjadinya kegagalan, tujuannya untuk memperoleh probabilitas kegagalan dan menentukan komponen kritis yang rawan terhadap kegagalan. Untuk melakukan hal ini maka diperlukan data yang histori yang lengkap.
4. Mengembangkan kegiatan analisis LTA, seperti : menentukan prioritas *equipment* yang perlu di *maintain*.
5. Mengklasifikasikan kebutuhan tingkatan *maintenance*.
6. Mengimplementasikan keputusan berdasar RCM.
7. Melakukan evaluasi, ketika sebuah *equipment* dioperasikan maka data secara *real-life* mulai *record*, tindakan dari RCM perlu dievaluasi setiap saat agar terjadi proses penyempurnaan.

2.6 Komponen RCM

Ada empat komponen besar dalam *reliability centered maintenance* (RCM) dijelaskan pada gambar 2.3 , yaitu *reactive maintenance*, *preventive maintenance*, *predictive testing and inspection*, dan *proactive maintenance*.



Gambar 2.3 Komponen RCM copy of ©2002 CRC Press LLC

2.6.1 *Preventive maintenance (PM)*

Merupakan bagian terpenting dalam aktifitas perawatan. *Preventive maintenance* dapat diartikan sebagai sebuah tindakan perawatan untuk menjaga sistem/*sub-assembly* agar tetap beroperasi sesuai dengan fungsinya dengan cara mempersiapkan inspeksi secara sistematis, deteksi dan koreksi pada kerusakan yang kecil untuk mencegah terjadinya kerusakan yang lebih besar. Beberapa tujuan utama dari *preventive maintenance* adalah untuk meningkatkan umur produktif komponen, mengurangi terjadinya *breakdown* pada komponen kritis, untuk mendapatkan perencanaan dan penjadwalan perawatan yang dibutuhkan.

Untuk mengembangkan program *preventive maintenance* yang efektif, diperlukan beberapa hal yang diantaranya adalah *historical records* dari perawatan sepeda motor, rekomendasi manufaktur, petunjuk *service(service manual)*, identifikasi dari semua komponen, peralatan pengujian dan alat bantu, informasi kerusakan berdasarkan permasalahan, penyebab atau tindakan yang diambil.

2.6.2 *Reactive Maintenance*

Jenis perawatan ini juga dikenal sebagai *breakdown*, membenarkan apabila terjadi kerusakan, *run-to-failure* atau *repair maintenance*. Ketika menggunakan pendekatan perawatan, *equipment repair, maintenance*, atau *replacement* hanya pada saat *item* menghasilkan kegagalan fungsi. Pada jenis perawatan ini diasumsikan sama dengan kesempatan terjadinya kegagalan pada berbagai *part*, komponen atau sistem. Ketika *reactive maintenance* jarang diterapkan, tingkat pergantian *part* yang tinggi, usaha *maintenance* yang jarang dilakukan, tingginya

persentase aktifitas perawatan yang tidak direncanakan adalah sudah biasa. Untuk lebih jauh, program *reactive maintenance* kelihatannya mempunyai pengaruh terhadap *item survivability*. *Reactive maintenance* dapat dilatih dengan efektif hanya jika dilakukan sebagai sebuah keputusan yang sangat penting, berdasarkan dari kesimpulan analisa RCM bahwa resiko perbandingan biaya kerusakan dengan biaya perawatan dibutuhkan untuk mengurangi biaya kerusakan. Kriteria untuk mengetahui prioritas dari pergantian atau perbaikan *part* yang gagal pada *reactive maintenance program* ditunjukkan pada tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 *Reactive Maintenance Priority Classification copy of ©2002 CRC Press LLC*

Priority Description	Priority Level	Criteria based on System/Equipment Failure Consequences
Emergency	I	Serious and an immediate impact on mission Safety Of life/property is under thread
Urgent	II	Serious and an impending impact on mission Continuity of facility operation is threatened
Priority	III	Significant and adverse effect on project is imminent Degradation in quality of mission support
Routine	IV	Insignificant impact on mission Existence of redunancy
Discretionary	V	Resource are avaiable Impact on mission is negligible
Deferred	VI	Unaibility of resources Negligible impact on mission

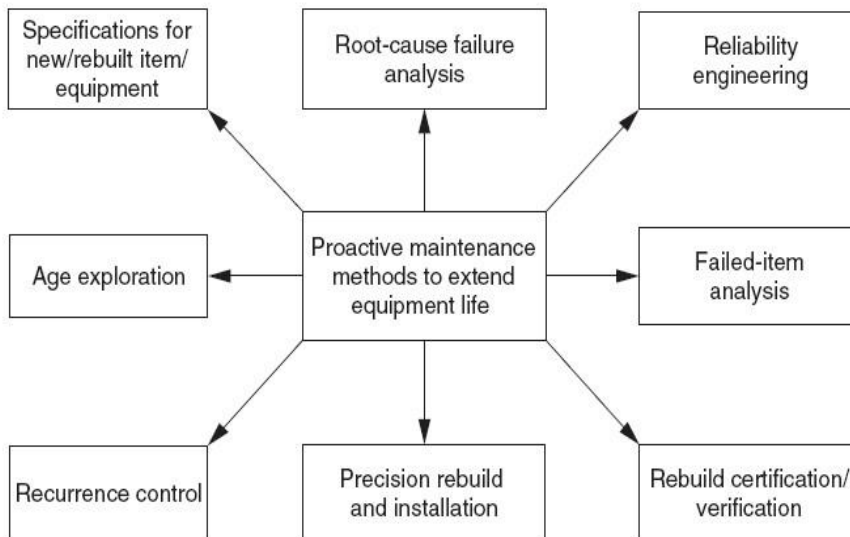
2.6.3 Tes Prediksi dan Inpeksi (Predictive Testing dan Inspection/PTI)

Walaupun banyak metode yang dapat digunakan untuk menentukan jadwal PM, namun tidak ada yang valid sebelum didapatkan *age-reliability characteristic* dari sebuah komponen. Biasanya informasi ini tidak disediakan oleh produsen sehingga kita harus memprediksi jadwal perbaikan pada awalnya. PTI dapat digunakan untuk membuat jadwal dari *time based maintenance*, karena hasilnya digaransi oleh kondisi *equipment* yang termonitor. Data PTI yang diambil secara periodik dapat digunakan untuk menentukan trend kondisi *equipment*, perbandingan

data antar *equipment*, proses analisis statistik, dsb. PTI tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya metode *maintenance*, karena PTI tidak dapat mengatasi semua potensi kegagalan. Namun pengalaman menunjukkan bahwa PTI sangat berguna untuk menentukan kondisi suatu komponen terhadap umurnya.

2.6.4 Proactive Maintenance

Jenis perawatan ini membantu meningkatkan perawatan melalui tindakan seperti desain yang lebih baik, *workmanship*, pemasangan, penjadwalan, dan prosedur perawatan. Karakteristik dari *proactive maintenance* termasuk menerapkan sebuah proses pengembangan yang berkelanjutan, menggunakan *feedback* dan komunikasi untuk memastikan bahwa perubahan desain/prosedur yang dibuat desainer/management tersebut adalah efektif, memastikan bahwa tidak berpengaruh perawatan yang terjadi dalam isolasi keseluruhan, dengan tujuan akhir mengoptimalkan dan menggabungkan metode perawatan dengan teknologi pada masing – masing aplikasi. Hal tersebut termasuk dalam melaksanakan *root-cause failure analysis* dan *predictive analysis* untuk meningkatkan efektifitas perawatan, mempengaruhi evaluasi secara periodik dari kandungan teknis dan performa jarak yang terjadi antara maintenance task yang satu dengan yang lain, meningkatkan fungsi dengan mendukung perawatan dalam perencanaan program perawatan, dan menggunakan tampilan dari perawatan berdasarkan *life-cycle* dan fungsi – fungsi yang mendukung .



Gambar 2.4 Teknik Dasar Dalam *Proactive Maintenance* untuk memperpanjang Umur Peralatan copy of ©2002 CRC Press LLC

Gambar 2.3 menunjukkan delapan metode dasar yang digunakan *proactive maintenance* untuk memperpanjang umur dari peralatan. Beberapa metode akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Reliability Engineering

Dalam hubungannya dengan pendekatan *proactive maintenance*, melibatkan desain ulang (*redesign*), modifikasi (*modification*), atau pengembangan item/part atau dalam pengantiannya dengan *part* lain yang lebih baik.

2. Failed-Item Analysis

Ini melibatkan inspeksi kegagalan *item* secara visual setelah pergantian untuk mendapatkan alasan kegagalan dari *part*. Sebagai kebutuhan untuk pengembangan, analisa teknis yang lebih detil dibutuhkan untuk mencari penyebab kegagalan yang sesungguhnya.

3. Root-Cause Failure Analysis (RCFA)

Root-Cause Failure Analysis (RCFA) adalah keterkaitan dengan pandangan dasar secara *proactive* yang menyebabkan kegagalan pada peralatan fasilitas. Tujuan utama dari RCFA adalah untuk : mengetahui penyebab dari sebuah permasalahan dengan efisien dan ekonomis, mengoreksi penyebab permasalahan, tidak hanya pengaruhnya saja, tetapi juga memperbaikinya dan mempersiapkan data yang dapat berguna dalam mengatasi masalah tersebut.

4. Specification for New/Rebuilt item/Equipment

Pada metode ini pada dasarnya adalah menulis spesifikasi yang efektif, mendokumentasikan permasalahan, dan menguji peralatan dari vendor yang berbeda. Spesifikasi paling tidak terdiri dari data getaran, *balancing criteria*, dan *alignment*. Dasar dari pendekatan *proactive* ini adalah untuk mendokumentasikan data – data *historical*, jadi profesional yang terlibat dapat menulis *purchasing* dan *installation* yang dapat diverifikasi secara efektif untuk peralatan baru.

5. Age Exploration

Age exploration (AE) adalah faktor penting dalam mendirikan sebuah *program RCM*. Dalam metode ini menyediakan sebuah mekanisme untuk berbagai aspek utama sebuah program perawatan untuk mengoptimalkan proses. Pendekatan AE menguji kemampooterapan pada segala *maintenance task* dengan bertanggungjawab pada tiga faktor berikut:

- *Technical content* : *task's technical contents* dilakukan untuk memastikan bahwa semua cara – cara identifikasi kegagalan telah dilakukan dengan sesuai, menjamin bahwa tugas perawatan yang masih berlaku sesuai dengan tingkat *reliability*.

- *Performance interval*: Pengaturan yang dilakukan secara kontinyu pada interval tugas hingga tingkat dimana ketahanan pada penolakan kegagalan dirasa efektif atau diketahui.
- *Task grouping*: *Task* dengan periode yang sama dikelompokkan dengan tujuan untuk meningkatkan waktu yang dibutuhkan pada bagian pekerjaan dan mengurangi umur yang terbuang.

6. Rebuild Certification/Verification

Pada pemasangan peralatan baru, ini penting untuk verifikasi bahwa berfungsi dengan efektif. Pengalaman yang lalu mengindikasikan bahwa ini adalah langkah yang bagus untuk menguji peralatan melawan sertifikasi formal dan standa verifikasi untuk menghindari kegagalan yang lebih awal.

7. Recurrence Control

Recurrence control melibatkan pengendalian dari *repetitive failure*. *Repetitive failure* didefinisikan sebagai ketidakmampuan sebuah *part* diluar fungsinya yang terjadi secara berulang – ulang. Keadaan berikut terjadi dibawah kategori *repetitive failure*:

- Terulangnya kegagalan sebuah bagian dari peralatan
- Terulangnya kegagalan sebuah *item* pada sebuah sistem atau sub sistem.
- Kegagalan *part* yang sama pada berbagai sistem yang berbeda.

8. Precision Rebuild and Installation

Untuk mengendalikan biaya *life cycle* dan memaksimalkan *reliability*, peralatan yang membutuhkan pemasangan yang benar. Seringkali pekerja dan operator menjumpai permasalahan yang disebabkan oleh buruknya pemasangan peralatan. Biasanya, dua *item* yang dikerjakan ulang, *rotor balance* dan *alignment*.

2.7 Tahapan-Tahapan Dalam Penyusunan RCM

2.7.1 Pemilihan Sistem dan Pengumpulan Informasi

Pemilihan sistem dapat didasarkan pada beberapa aspek kriteria yaitu :

1. Sistem yang mendapat perhatian yang tinggi karena berkaitan dengan masalah keselamatan (*safety*) dan lingkungan
2. Sistem yang memiliki *preventive maintenance* dan/atau biaya *preventive maintenance* yang tinggi.
3. Sistem yang memiliki tindakan *corrective maintenance* dan/atau biaya *corrective maintenance* yang banyak.
4. Sistem yang memiliki kontribusi yang besar atas terjadinya *full* atau *partial outage* (atau *shutdown*)

Pengumpulan informasi berfungsi untuk mendapatkan gambaran dan pengertian yang lebih mendalam mengenai sistem dan bagaimana sistem bekerja.

2.7.2 Definisi Batasan Sistem

Definisi batas sistem (*system boundary definition*) digunakan untuk mendefinisikan batasan-batasan suatu sistem yang akan dianalisis dengan RCM, berisi tentang apa yang harus dimasukkan dan yang tidak dimasukkan ke dalam sistem sehingga semua fungsi dapat diketahui dengan jelas dan perumusan *system boundary definition* yang baik dan benar akan menjamin keakuratan proses analisis sistem.

2.7.3 Deskripsi Sistem dan Diagram Blok Fungsional

Deskripsi sistem dan diagram blok merupakan representasi dari fungsi-fungsi utama sistem yang berupa blok-blok yang berisi fungsi-fungsi dari setiap subsistem yang menyusun sistem tersebut, maka dibuat tahapan identifikasi detail dari sistem yang meliputi :

1. Deskripsi sistem. Langkah ini diperlukan untuk mengetahui komponen yang terdapat didalam sistem tersebut dan bagaimana komponen tersebut beroperasi.
2. Blok diagram fungsi. Pembuatan diagram fungsi dengan menggunakan *Functional Flow Block Diagram* (FFBD). FFBD merupakan diagram alir dari aliran fungsional suatu sistem yang dibuat berdasarkan urutan waktu dan langkah demi langkah.
3. Hubungan *input/output* sistem. Pada tahap ini akan digambarkan *input output* pada sistem dan hubungan diantara *input* dari subsistem satu dengan yang lainnya. penggambaran *input output* sistem menggunakan model diagram *Integration Definition For Function Modelling* (IDEF0).
4. *System Work Breakdown Structure* (SWBS). Pada tahap ini akan digambarkan himpunan daftar peralatan untuk setiap bagian-bagian fungsi subsistem.

2.7.4 Fungsi Sistem Dan Kegagalan Fungsional

Fungsi sistem adalah kinerja yang diharapkan oleh sistem untuk dapat beroperasi. Kegagalan fungsional didefinisikan sebagai ketidakmampuan suatu komponen/sistem untuk memenuhi standar prestasi (*performance standard*) yang diharapkan.

2.7.5 *Failure Mode Effect Analysis*

Failure Mode Effect Analysis (FMEA) merupakan sebuah metodologi yang digunakan untuk mengevaluasi kegagalan terjadi dalam sebuah sistem,

desain, proses, atau pelayanan (*service*). Identifikasi kegagalan potensial dilakukan dengan cara pemberian nilai atau skor masing-masing moda kegagalan berdasarkan atas tingkat kejadian (*occurrence*), tingkat keparahan (*severity*), dan tingkat deteksi (*detection*). FMEA salah satu teknik yang banyak digunakan secara luas untuk melakukan penilaian kualitatif terhadap keandalan sistem.

FMEA meliputi pengidentifikasian yaitu :

1. *Failure Effect* merupakan Dampak atau akibat yang ditimbulkan jika komponen tersebut gagal seperti disebutkan dalam potential failure mode. Dampak dari failure merupakan konsekuensi merugikan dari pengaruh failure tertentu yang mempengaruhi sistem atau subsistem lainnya. Beberapa *failure* dapat berdampak pada personal atau *environment safety* dan melanggar berbagai regulasi produk (Pillay et al., 2003).

2. *Severity (S)*

merupakan kuantifikasi seberapa serius kondisi yang diakibatkan jika terjadi kegagalan yang akibatnya disebutkan dalam *Failure Effect*. Menurut tingkat keseriusan, severity dinilai pada skala 1 sampai 10.

Kriteria penilaian Severity (tingkat kerusakan) :

- 1 (kecil)
- 2-3 (rendah)
- 4-6 (sedang)
- 7-8 (tinggi)
- 9-10 (sangat tinggi)

3. *Occurance (O)*

Tingkat kemungkinan terjadinya kegagalan. Ditunjukkan dalam 10 level (1,2,...,10) dari yang hampir tidak pernah terjadi (1) sampai yang paling mungkin terjadi atau sulit dihindari (10).

Kriteria penilaian Occurence (keseringan) :

- 1 (tidak pernah)
- 2-3 (tidak pernah - jarang)
- 4-6 (terjadi tapi jarang)
- 7-8 (terjadi dan sering)
- 9-10 (terjadi, sangat sering/pasti)

4. Detection (D)

Menunjukkan tingkat kemungkinan lolosnya penyebab kegagalan dari kontrol yang sudah dipasang. Levelnya juga dari 1-10, dimana angka 1 menunjukkan kemungkinan untuk lewat dari kontrol (pasti terdeteksi) sangat kecil, dan 10 menunjukkan kemungkinan untuk lolos dari kontrol (tidak terdeteksi) adalah sangat besar

Kriteria penilaian Detection (Deteksi) :

- 1 (error selalu terdeteksi)
- 2-3 (error sangat mungkin terdeteksi)
- 4-6 (mungkin terdeteksi)
- 7-8 (kemungkinan kecil terdeteksi)
- 9-10 (tidak mungkin terdeteksi)

5. Risk Priority Number(RPN)

Merupakan hasil perkalian bobot dari *severity*, *occurance* dan *detection* . *Risk Priority Number* ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$RPN = S \times O \times D \tag{2.23}$$

Tabel 2.2. Tabel FMEA

Failure Mode Effect Analysis								
No	Function (fungsi)	Functional Failure (kegagalan fungsi)	Failure Effect (efek kegagalan)	Cause of Failure (modus kegagalan)	S	O	D	RPN
1								
2								

2.7.6 Logic Tree Analysis

Analisis LTA dilakukan untuk memberikan prioritas mode kerusakan, melakukan tinjauan dan fungsi, kegagalan fungsi sehingga status mode kerusakan tidak sama. Prioritas suatu mode kerusakan dapat diketahui dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan yang telah disediakan dalam diagram alir LTA

2.7.7 Pemilihan Tindakan

Pemilihan tindakan merupakan tahap terakhir dari proses analisa RCM. Proses ini akan menentukan tindakan yang tepat untuk mode kerusakan tertentu.

Dalam pelaksanaannya pemilihan tindakan dapat dilakukan dengan empat cara yaitu:

1. *Time Directed (TD)*.

Suatu tindakan yang bertujuan melakukan pencegahan langsung terhadap sumber kerusakan peralatan yang didasarkan pada waktu atau umur komponen.

2. *Condition Directed (CD)*.

Suatu tindakan yang bertujuan untuk mendeteksi kerusakan dengan cara memeriksa alat. Apabila dalam pemeriksaan ditemukan gejala kerusakan peralatan maka dilanjutkan dengan perbaikan atau penggantian komponen.

3. *Failure Finding (FF)*.

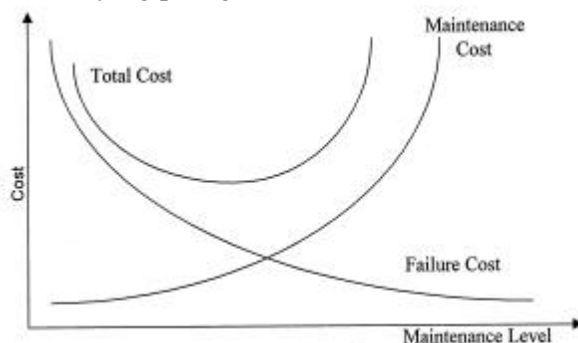
Suatu tindakan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan peralatan yang tersembunyi dengan pemeriksaan berkala.

4. *Run to Failure (RTF)*

Suatu tindakan yang menggunakan peralatan sampai rusak karena tidak ada tindakan yang ekonomis dapat dilakukan dengan pencegahan kerusakan

2.8 Efisiensi Perawatan

Perawatan yang baik akan dilakukan dalam jangka waktu tertentu dan pada waktu proses produksi sedang tidak berjalan. Semakin sering perawatan suatu mesin dilakukan akan meningkatkan biaya perawatan. Disisi lain bila perawatan tidak dilakukan akan mengurangi performa kerja dari mesin tersebut. Pola *maintenance* yang optimal perlu dicari supaya antara biaya perawatan dan biaya kerusakan bisa seimbang pada *total cost* yang paling minimal.



Gambar 2.5 Grafik Hubungan Biaya dengan Maintenance Level

Preventive Cost merupakan biaya yang timbul karena adanya perawatan mesin yang memang sudah dijadwalkan. Sedangkan *Failure Cost* merupakan biaya yang timbul karena terjadi kerusakan di luar perkiraan yang menyebabkan mesin produksi terhenti waktu produksi sedang berjalan.

Untuk menentukan jumlah nominal biaya pemeliharaan, maka digunakan rumus sebagai berikut:

$$C(tp) = \frac{(Cp \times R(tp)) + Cf \times [1 - R(tp)]}{tp \times R(tp) + Tf[1 - R(tp)]}$$

Dimana :

Cp : Biaya Pemeliharaan

Cf : Biaya perbaikan kerusakan

tp : Interval ke (i)

Tf : Rata-rata selang waktu kerusakan

2.9 Posisi Penelitian

Berikut merupakan tabel posisi penelitian terdahulu :

Tabel 2.3 Posisi Penelitian

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil Penelitian
1	Evi Febianti <i>et.al</i> (2016)	Usulan Perencanaan Perawatan Mesin Roughing Stand Dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM)	RCM, Uji Kolmogrov, FMEA, MTBF, MTTF, MTTR , RBD, Uji Godnes Fit, Simulasi Monte Carlo	Penelitian ini menggunakan metode RCM dengan analisa FMEA untuk didapatkan RBD dan dilakukan uji godness fit serta perhitungan parameter, dan simulasi Monte Carlo di gunakan untuk mendapatkan interval perawatan
2	Noor Ahmadi <i>et.al</i> (2017)	Analisis Pemeliharaan Mesin Blowmould Dengan Metode RCM Di PT. CCAI	RCM, Interval Replacement, FBD, SWBS, FMEA, RPN, , TMD	Dalam penelitian ini menggunakan metode RCM untuk dilakukan penjadwalan perawatan, dengan langkah pertama pembuatan FBD,SWBS dan analisa FMEA yang digunakan untuk menghitung nilai RPN. untuk melakukan penjadwalan interval digunakan perhitungan TMD

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil Penelitian
3	Ida Suardika (2009)	Penerapan Reliability Centered Maintenance (RCM) Dalam Merencanakan Kegiatan Pemeliharaan Mesin Produksi Pada Pabrik "X"	RCM, FBD, FMEA, Decission Diagram, scheduled restoration task, scheduled on condition task	Penelitian ini menggunakan metode RCM dimana tahapannya dimulai dengan pembuatan FBD, analisa FMEA dan dilanjutkan dengan Decission Diagram pada RCM II untuk dilakukan penghitungan MTTF, MTTR dan parameter, yang digunakan sebagai penentuan interval pemeliharaan
4	Anggrik Dwi Merari <i>et.al</i> (2017)	Perencanaan Interval Perawatan Mesin <i>Blow Moulding Type</i> HBD 1 dengan Metode <i>Reliability Centered Maintenance</i> (RCM) di Perusahaan Manufaktur Plastik	RCM, MSI, FMEA, RPN, MTTF, MTTR, Reliability, Preventive Maintenance	Pada penelitian ini dilakukan identifikasi MSI dan Analisis yang dilakukan adalah dengan menggunakan <i>tools Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) dengan melihat hasil nilai RPN, perhitungan <i>Mean Time Between Failure</i> dapat dihitung tingkat <i>Reliability</i> sebelum dan sesudah melakukan <i>Preventive Maintenance</i> dengan asumsi komponen yang akan diganti apabila keandalanya sudah mencapai 10%.
5	Tiena Gustina Arman <i>et.al</i> (2016)	Implementasi <i>FMEA</i> Untuk Perawatan Preventif (Studi Kasus : Fasilitas Usaha Kecil Menengah)	Reliability, MTTF, MTTR, FMEA, RCFA, RPN	Penelitian ini menggunakan analisa FMEA, dengan menghitung distribusi probabilitas, menghitung keandalan, MTTF dan MTTR, kemudian dilakukan analisa menggunakan tabel FMEA, RCFA, dan

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil Penelitian
				didapat nilai dari RPN
6	Alfian Deni Fathuroh man (2018)	Perancangan Penjadwalan Interval Perawatan Preventif Pada Mesin GEORG TBA CORE CUT (13005) di PT. Bambang Djaja Surabaya	Reliability, MTTF, MTBF, RCM, FDB, FMEA, RPN, Decision Worksheet, Preventive Maintenance	Penelitian ini menggunakan metode RCM dimana tahapannya dimulai dengan menghitung keandalan, pembuatan FBD, analisa FMEA untuk dilakukan penghitungan MTTF, MTTR dan parameter dilanjutkan dengan LTA, yang digunakan sebagai penentuan interval pemeliharaan

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dan FMEA, maka dalam penelitian ini dilakukan perancangan penjadwalan interval perawatan preventif dengan metode RCM. Digunakan metode RCM karena metode ini dapat mengidentifikasi setiap kerusakan dengan melakukan analisa-analisa yang ada pada tahapan metode tersebut.

Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) menggunakan analisa perhitungan fungsi nilai keandalan (*Reliability*), perhitungan nilai MTTF dan MTTR, pembuatan Functional Blok Diagram untuk membuat tabel analisis FMEA yang saling berhubungan dengan Decision Worksheet untuk dilakukan pemilihan tindakan perencanaan perawatan yang berguna sebagai penentuan interval perawatan preventif.

