

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan landasan-landasan teori yang mempunyai hubungan yang sesuai dengan pokok permasalahan, diantaranya penelitian terdahulu, perawatan, *reliability*, siklus hidup dan laju kerusakan komponen, uji distribusi, *mean time to failure*, persediaan, dan klasifikasi ABC dan metode FBD. Teori-teori ini yang digunakan sebagai landasan atau kerangka berpikir dalam penentuan langkah-langkah pemecahan masalah.

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan salah satu jenis referensi yang dapat memberikan pemahaman tentang konsep yang sesuai dengan penelitian yang akan dilakukan ini. Penelitian terdahulu yang menjadi referensi adalah sebagai berikut:

1. Damanik (2010) melakukan penelitian analisa keandalan dan penentuan jumlah persediaan optimal komponen mesin hammer mill pada PT Gold Coin Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan *spare part* yang termasuk komponen kritis yaitu Beater PCD 80 m/m (50x6x150 – Ø 17 mm) dengan MTT 18,7122 dengan selang penggantian 20 hari, Beater PCD 80 m/m (50x150x50 – Ø 17 mm) dengan MTTF 43,4791 dan selang penggantian selama 41 hari, dan Screen 695-1120-3D - Ø 6 mm dengan MTTF 20,7568 dan selang penggantian 1 hari. Komponen Beater berdistribusi lognormal sedangkan komponen Screen berdistribusi weibull. Dan dilakukan pemesanan Beater PCD 80 m/m (50x6x150 – Ø 17 mm) sebanyak 437 unit, Beater PCD 80 m/m (50x150x50 – Ø 17 mm) sebanyak 709 unit, dan Screen 695-1120-3D - Ø 6 mm sebanyak 32 unit.
2. Sodikin (2010) melakukan penelitian mengenai analisis penentuan waktu perawatan dan jumlah persediaan suku cadang rantai garu yang optimal di PG. Madukismo. Penelitian yang dilakukan adalah menganalisis nilai laju kerusakan, parameter *reliability*, *maintainability*, *availability* serta menganalisis tingkat kebutuhan jumlah *spare part* yang optimal dengan pendekatan *spare part requirement nomograph*, sehingga dapat meningkatkan ketersediaan dan keandalan yang tinggi dengan memaksimalkan umur peralatan serta pemeliharaan yang efektif. Hasil yang diperoleh adalah nilai MTBM komponen 152,86 jam, nilai MTBF komponen 314,71 jam, nilai

availability komponen 88,10% - 90,10%, nilai *reliability* komponen 99,53%, dan jumlah suku cadang yang harus disediakan minimal 30 unit.

3. Nababan (2009) melakukan analisis mengenai keandalan komponen kritis mesin Sluge Separator di PT. Perkebunan Nusantara IV unit Pabatu dan menentukan persediaan optimal komponen kritisnya. Hasil penelitian yang dilakukan yaitu semua komponen kritis yang didapat dari analisis ABC berdistribusi Weibull. Dari perhitungan fungsi laju kerusakan dengan metode *reliability* didapatkan persediaan optimum untuk masing-masing komponen kritis beserta titik pemesanan kembalinya dan semua komponen berada pada kondisi *wear out* yang menunjukkan bahwa laju kerusakan diatas meningkat seiring dengan kenaikan waktu.
4. Rahman, et al (2014) melakukan penelitian dengan menganalisis persediaan suku cadang kritis dan reliabilitas mesin *Water Injection Pump* di PT. Pertamina EP UBEP Jambi. Peneliti memilih komponen kritis menggunakan klasifikasi ABC, kemudian menghitung presentase kegagalan, jumlah kegagalan per hari operasional dan menentukan selang waktu antar kerusakan (MTBF) tiap komponen kritis.

Pada penelitian ini akan menggunakan metode klasifikasi ABC untuk menentukan komponen kritis dan menggunakan FBD untuk membantu pengelempokan komponen dalam mesin, pada penelitian terdahulu tidak ada yang menggunakan FBD dalam pengelompokkan komponen. FBD ini akan membantu dalam menghitung keandalan mesin secara keseluruhan. Setelah itu dilakukan pengujian distribusi untuk mengetahui pola distribusi kerusakan. Setiap komponen akan dihitung nilai MTTF dan keandalannya, guna mengetahui keandalan mesin *automatic sealer*, dan dilakukan perhitungan persediaan komponen kritis pada mesin tersebut. Perbandingan dari penelitian terdahulu dan penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Metode	Objek Penelitian	Output
1	Damanik (2010)	Metode ABC, MTTF, Uji distribusi, EOQ	Mesin Hammer Mill pada PT Gold Coin Indonesia	Komponen kritis, MTTF, keandalan, EOQ
2	Sodikin (2010)	Uji distribusi, MTBM, <i>Spare part requirement nomograph</i>	Suku cadang rantai garu di PG. Madukismo	Waktu perawatan komponen dan jumlah <i>spare part</i> yang tersedia
3	Nababan (2009)	Metoda ABC, Uji distribusi, Q dan ROP	Mesin <i>Sludge Separator</i> di PT. Perkebunan Nusantara IV Unit Pabatu	Komponen kritis mesin, Keandalan komponen kritis, dan Q dan ROP

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu (lanjutan)

No	Nama Peneliti	Metode	Objek Penelitian	Output
4	Rahman, et al (2014)	Metode ABC, MTBF	Mesin <i>Water Injection Pump</i> di PT. Pertamina EP UBEP Jambi	Kompenen mesin kritis, penjadwalan penggantian komponen, dan aktu antar kerusakan
5	Kuncaraningrum (2016)	Metode ABC, FBD, MTTF, Uji Distribusi, MTTF, Keandalan, Persediaan Optimal	Mesin <i>automatic sealer</i> di CV Bromo Semeru Agro Industri	Komponen kritis, MTTF, Keandalan, Persediaan Optimal

2.2 Perawatan

Perawatan adalah kegiatan untuk menjaga mesin atau peralatan dengan melakukan perbaikan atau penggantian yang di perlukan seusai dengan perencanaan dalam penjadwalan perawatan yang dilakukan sebelumnya. Dengan adanya perawatan di harapkan mesin tidak mengalami kerusakan selama digunakan.

2.2.1 Definisi Perawatan

Perawatan merupakan suatu fungsi utama yang penting dalam suatu perusahaan. Suatu perencanaan produksi dapat gagal apabila ada komponen-komponen yang rusak atau tidak dapat beroperasi. Menurut Assuari (2004:95), pemeliharaan adalah kegiatan memelihara atau menjaga fasilitas/ peralatan dan mengadakan perbaikan atau pergantian yang diperlukan agar supaya terdapat suatu produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang telah direncanakan. Sedangkan menurut Daryus (2007:2), perawatan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang, memperbaikinya sampai pada suatu kondisi yang dapat diterima.

Menurut Sudradjat (2011:2), perawatan atau yang lebih dikenal dengan kata *maintenance* dapat didefinisikan sebagai suatu aktivitas yang dipergunakan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar fasilitas tersebut dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai. Fasilitas yang dimaksud bukan hanya fasilitas seperti mesin-mesin produksi saja yang memerlukan perawatan tetapi juga fasilitas lain seperti generator, turbin dan utilitas pabrik lainnya, dan bahkan peralatan kantor seperti komputer, mesin ketik ataupun peralatan angkut seperti *crane*, *forklift*, dan lain-lain. Oleh karena itu, terdapat beberapa alasan pentingnya melakukan pekerjaan perawatan, antara lain:

1. Agar fasilitas dapat siap dipakai pada saat yang diperlukan.

2. Seiring dengan waktu, tentunya kondisi dari suatu fasilitas yang mengalami pemakaian, kemampuan kinerjanya lambat laun akan menurun karena tanpa perawatan semua fasilitas tersebut akan melemah secara bertahap tapi pasti, sehingga tidak lagi mempunyai kemampuan kerja baik secara teknis maupun ekonomis.
3. Diharapkan akan dapat memperpanjang umur pakai dari fasilitas tersebut.

2.2.2 Tujuan Perawatan

Menurut Daryus (2008) tujuan pemeliharaan yang utama dapat didefinisikan sebagai berikut:

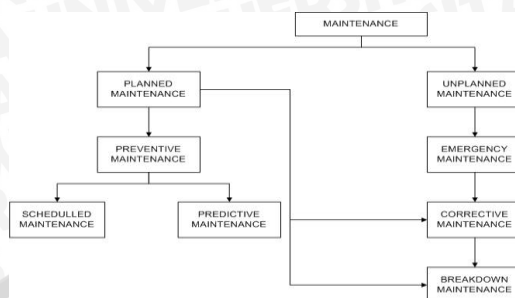
1. Untuk memperpanjang kegunaan *asset*.
2. Untuk menjamin ketesediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi dan mendapatkan laba investasi maksimum yang mungkin.
3. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
4. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

Sedangkan menurut Patrick (2001:407) yaitu:

1. Mempertahankan kemampuan alat atau fasilitas produksi guna memenuhi kebutuhan yang sesuai dengan target serta rencana produksi.
2. Mengurangi pemakaian dan penyimpangan diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama jangka waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan.
3. Menjaga agar kualitas produk berada pada tingkat yang diharapkan guna memenuhi apa yang dibutuhkan produk itu sendiri dan menjaga agar kegiatan produksi tidak mengalami gangguan.
4. Memperhatikan dan menghindari kegiatan – kegiatan operasi mesin serta peralatan yang dapat membahayakan keselamatan kerja.
5. Mencapai tingkat biaya serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan *maintenance* secara efektif dan efisien untuk keseluruhannya.
6. Mengadakan suatu kerjasama yang erat dengan fungsi – fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan, dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan yaitu tingkat keuntungan atau *return investment* yang sebaik mungkin dan total biaya serendah mungkin.

2.2.3 Jenis-jenis Perawatan

Menurut Sudrajat (2011:17) strategi perawatan dibagi menjadi beberapa jenis seperti pada Gambar 2.1 di bawah ini:



Gambar 2.1 Bentuk Kebijakan Perawatan

Sumber: Sudrajat, 2011:17

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa pemeliharaan dibagi menjadi dua yaitu pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) dan pemeliharaan tidak terencana (*unplanned maintenance*). Pemeliharaan yang terencana terbagi menjadi *scheduled maintenance* dan *predictive maintenance*. Sedangkan untuk pemeliharaan yang tidak terencana apabila terjadi secara darura sehingga mengharuskan mesin berhenti meliputi *corrective maintenance* dan *breakdown maintenance*.

1. Perawatan Kerusakan (*Breakdown Maintenance*)

Merupakan kebijakan perawatan dengan cara mesin/peralatan dioperasikan hingga rusak, kemudian baru diperbaiki ataupun diganti. Kebijakan ini merupakan strategi kurang baik karena dapat menimbulkan biaya tinggi, kehilangan kesempatan untuk mengambil keuntungan bagi perusahaan karena diakibatkan terhentinya mesin, keselamatan kerja tidak terjamin, kondisi mesin tidak diketahui, dan tidak ada perencanaan waktu, tenaga kerja, maupun biaya yang baik (Sudrajat, 2011:17).

2. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Merupakan perawatan yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan mesin. Kebijakan ini cukup baik dapat mencegah berhentinya mesin yang tidak direncanakan. Keuntungan kebijakan perawatan pencegahan terutama akan menjamin keandalan dari sistem, menjamin keselamatan bagi pemakai, umur pakai mesin menjadi lebih panjang, dan *downtime* proses produksi dapat lebih rendah. Kebijakan perawatan pencegahan ini umumnya dilakukan sebelum terjadi kerusakan mesin. Ciri dari kebijakan ini adalah dilakukannya inspeksi secara periodik dan adanya perencanaan yang sistematis. Tujuan dilakukannya perawatan pencegahan ini adalah untuk memaksimalkan *availability* dan meminimalkan ongkos melalui *peningkatan reliability* (Sudrajat, 2011:18).

3. Perawatan Terjadwal (*Scheduled Maintenance*)

Merupakan bagian dari perawatan pencegahan. Perawatan ini bertujuan untuk mencegah terjadi kerusakan dan perawatannya dilakukan secara periodik dalam rentang waktu tertentu. Kebijakan ini cukup baik dalam mencegah terhentinya mesin yang tidak direncanakan. Rentang waktu perawatan ditentukan berdasarkan pengalaman, data masa lalu atau rekomendasi dari pabrik pembuat mesin yang bersangkutan. Kekurangannya jika rentang waktu perawatan terlalu pendek maka akan mengganggu aktivitas produksi dan dapat meningkatkan kesalahan yang timbul karena kekurangcermatan teknisi dalam memasang kembali komponen yang diperbaiki serta kemungkinan adanya kontaminan yang masuk ke dalam sistem. Jika rentang waktu perawatan terlalu panjang kemungkinan mesin akan mengalami kerusakan sebelum tiba waktu perawatan. Selain itu jika kondisi mesin atau komponen mesin/ peralatan masih baik dan menurut jadwal harus sudah diganti atau diperbaiki akan menimbulkan kerugian (Sudrajat, 2011:20).

4. Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*)

Merupakan bagian dari perawatan pencegahan. Perawatan prediktif merupakan strategi perawatan dimana pelaksanaannya didasarkan kondisi mesin itu sendiri. Untuk menentukan kondisi mesin dilakukan tindakan pemeriksaan atau monitoring secara rutin, jika terdapat tanda atau gejala kerusakan segera diambil tindakan perbaikan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut (Sudrajat, 2011:21).

2.3 Mean Time To Failure (MTTF)

Mean Time To Failure (MTTF) adalah rata-rata waktu ekspektasi terjadinya kerusakan dari unit-unit yang beroperasi pada kondisi normal. MTTF juga merupakan harapan masa pakai peralatan atau komponen peralatan yang seringkali digunakan untuk menyatakan angka ekspektasi $E(t)$. (Lewis, 1996).

Mean Time To Failure (MTTF) adalah nilai rata-rata atau nilai yang diharapkan (expected value) dari suatu distribusi kerusakan yang didefinisikan oleh $f(t)$ sebagai berikut. (Ebeling, 1997)

$$\text{Mean Time To Failure} = E(t) = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (2-1)$$

Sumber: Ebeling (1997:26)

$$t_R = \alpha(-\ln R)^{\frac{1}{\beta}} \quad (2-2)$$

Sumber: Ebeling (1997:59)

Keterangan:

t : waktu

$f(t)$: frekuensi kepadatan probabilitas

$R(t)$: keandalan

2.4 Keandalan (*Reliability*)

Perawatan komponen atau peralatan tidak bisa lepas dari pembahasan mengenai keandalan (*reliability*). Selain keandalan merupakan salah satu ukuran keberhasilan sistem perawatan, keandalan juga digunakan untuk menentukan jadwal perawatan sendiri. Selain itu keandalan juga dapat berfungsi dalam penentuan jumlah suku cadang dalam kegiatan perawatan.

Penerapan teori keandalan dapat membantu untuk memperkirakan peluang suatu komponen atau sistem dapat melaksanakan fungsinya dalam jangka waktu dan pada kondisi tertentu. Secara umum keandalan (*Reliability*) dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu sistem atau produk dapat beroperasi dengan baik tanpa mengalami kerusakan pada suatu kondisi tertentu dan waktu yang telah ditentukan (Govil, 2004). Sedangkan keandalan (*Reliability*) menurut Dhillon (1999:32) adalah probabilitas suatu item dalam menjalankan fungsinya secara memuaskan selama periode waktu tertentu dan digunakan atau dioperasikan dalam kondisi yang semestinya.

2.4.1 Konsep *Reliability*

Ada empat konsep yang digunakan dalam pengukuran keandalan suatu sistem, yaitu:

1. Fungsi Kepadatan Probabilitas

Menurut Jardine (2006:31), pada fungsi ini menunjukkan bahwa kerusakan terjadi secara terus-menerus (*continuous*) dan bersifat probabilistik dalam selang waktu. Pengukuran kerusakan dilakukan dengan menggunakan data variabel seperti tinggi, jarak, jangka waktu.

2. Fungsi Distribusi Kumulatif

Menurut Jardine (2006:17), fungsi ini menyatakan probabilitas kerusakan dalam percobaan acak, dimana variabel acak tidak lebih dari x .

3. Fungsi Keandalan

Keandalan dari suatu komponen atau sistem merupakan probabilitas untuk tidak mengalami kegagalan atau dapat melaksanakan fungsi selama periode waktu (t). probabilitas ini diinterpretasikan dengan indeks keandalan yang merupakan fungsi

waktu yang memiliki kisaran nilai 0 hingga 1. Indeks keandalan bernilai 0 (nol) berarti bahwa pada waktu yang ditentukan, probabilitas kegagalan elemen adalah 100% (absolut gagal) dan indeks keandalan bersifat 1 (satu) berarti probabilitas kegagalan sistem adalah 0% atau peluang suksesnya adalah 100% (absolut sukses).

4. Fungsi Laju Kerusakan

Menurut Jardine (2006:19), fungsi laju kerusakan didefinisikan sebagai *limit* dari laju kerusakan dengan panjang interval waktu mendekati nol, maka fungsi laju kerusakan adalah laju kerusakan sesaat.

2.4.2 Pola Distribusi Data dalam Keandalan/ *Reliability*

Terdapat empat pola distribusi (Lewis, 1996) yang digunakan dalam pengukuran keandalan suatu sistem, yaitu:

1. Pola Distribusi Normal

Distribusi normal (Gaussian) 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 bergantung (saling bebas/ independent) yang kecil atau sedikit. Distribusi ini cocok digunakan untuk model wear out mesin. Fungsi-fungsi dalam distribusi normal yaitu:

1) Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[t-\mu]^2}{2\sigma^2}\right); -\infty < t < \infty \quad (2-3)$$

Sumber: Ebeling (1997:69)

2) Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[t-\mu]^2}{2\sigma^2}\right) dt \quad (2-4)$$

Sumber: Ebeling (1997:71)

3) Fungsi Keandalan

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[t-\mu]^2}{2\sigma^2}\right) dt \quad (2-5)$$

Sumber: Ebeling (1997:71)

4) Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2-6)$$

Sumber: Ebeling (1997:71)

5) MTTF

$$MTTF = \mu \quad (2-7)$$

Sumber: Ebeling (1997:71)

Keterangan:

μ : rata-rata

σ : standar deviasi

t : waktu

$f(t)$: frekuensi kepadatan probabilitas

$R(t)$: keandalan

Konsep *reliability* distribusi normal tergantung pada nilai μ (rata-rata) dan σ (standar deviasi).

2. Pola Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal merupakan distribusi yang berguna untuk menggambarkan distribusi kerusakan untuk situasi yang bervariasi. Distribusi lognormal banyak digunakan di bidang teknik, khususnya sebagai model untuk berbagai jenis sifat material dan kelelahan material. Fungsi-fungsi dalam distribusi lognormal yaitu:

1) Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right); -\infty < t < \infty \quad (2-8)$$

Sumber: Ebeling (1997:73)

2) Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \ln(t) \exp\left(-\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2-9)$$

Sumber: Ebeling (1997:73)

3) Fungsi Keandalan

$$R(t) = \int_t^{\infty} \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \ln(t) \exp\left(-\frac{[\ln(t)-\mu]^2}{2\sigma^2}\right) dt$$

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (2-10)$$

Sumber: Ebeling (1997:76)

4) Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2-11)$$

Sumber: Ebeling (1997:73)

5) MTTF

$$MTTF = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (2-12)$$

Sumber: Ebeling (1997:73)

Keterangan:

μ : rata-rata

σ : standar deviasi

t : waktu

$f(t)$: frekuensi kepadatan probabilitas

$R(t)$: keandalan

Konsep *reliability* distribusi lognormal tergantung pada nilai μ (rata-rata) dan σ (standar deviasi).

3. Pola Distribusi Eksponensial

Untuk eksperimen-eksperimen probabilitas yang hasilnya menunjukkan suatu bentuk distribusi yang mempunyai variasi ukuran kemencengan yang cukup signifikan, distribusi eksponensial merupakan salah satu alternatif model yang banyak digunakan. Distribusi eksponensial sering digunakan dalam berbagai bidang, terutama dalam teori keandalan. Hal ini disebabkan karena pada umumnya data kerusakan mempunyai perilaku yang dapat dicerminkan oleh distribusi eksponensial. Distribusi eksponensial akan tergantung pada nilai λ , yaitu laju kegagalan (konstan). Fungsi-fungsi dari distribusi Eksponensial:

- 1) Fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} ; t > 0 \quad (2-13)$$

Sumber: Ebeling (1997:51)

- 2) Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2-14)$$

Sumber: Ebeling (1997:42)

- 3) Fungsi keandalan

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2-15)$$

Sumber: Ebeling (1997:42)

- 4) Fungsi laju kerusakan

$$h(t) = \lambda \quad (2-16)$$

Sumber: Ebeling (1997:45)

- 5) MTTF (Mean Time To Failure)

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (2-17)$$

Sumber: Ebeling (1997:42)

Keterangan:

μ : rata-rata

σ : standar deviasi

t : waktu

$f(t)$: frekuensi kepadatan probabilitas

$R(t)$: keandalan

4. Pola Distribusi Weibull

Dalam aplikasinya, distribusi ini sering digunakan untuk memodelkan “waktu hingga 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. Fungsi-fungsi dari distribusi Weibull adalah:

1) Fungsi Kepadatan Probabilitas

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

$$t \geq \gamma; \alpha, \beta \geq 0$$
(2-18)

Sumber: Ebeling (1997:59)

2) Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta} \right]$$
(2-19)

3) Fungsi Keandalan

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

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta}}$$
(2-20)

Sumber: Ebeling (1997:59)

4) Fungsi Laju Kerusakan

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha} \right)^{\beta-1}$$
(2-21)

Sumber: Ebeling (1997:58)

5) MTTF

$$MTTF = \alpha \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$
(2-22)

Sumber: Ebeling (1997:59)

Keterangan:

μ : rata-rata

σ : standar deviasi

t : waktu

$f(t)$: frekuensi kepadatan probabilitas

$R(t)$: keandalan

Dimana Γ merupakan fungsi gamma, $\Gamma(n) = (n - 1)!$, dapat diperoleh melalui nilai fungsi gamma, parameter β disebut dengan parameter bentuk atau kemiringan weibull, sedangkan parameter α disebut dengan parameter skala atau karakteristik hidup.

2.4.3 Identifikasi dan Parameter Distribusi

1. Identifikasi Distribusi Awal

Dilakukan dengan metode *Least Square*, dengan perhitungan:

1) Nilai Tengah Kerusakan (Median Rank)

$$F(t) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \quad (2-23)$$

Sumber: Ebeling (1996:108)

Dimana: i = data waktu ke- t

n = jumlah kerusakan

2) Goodness of Fit

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - (\sum_{i=1}^n X_i)(\sum_{i=1}^n Y_i)}{\sqrt{[n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2][n \sum_{i=1}^n Y_i^2 - (\sum_{i=1}^n Y_i)^2]}} = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx}S_{yy}}} \quad (2-24)$$

Perhitungan identifikasi awal untuk masing-masing distribusi adalah sebagai berikut:

a. Distribusi normal

$X_i = t_i$

$$Y_i = Z_i = \Phi^{-1}(F(t_i)) = \frac{t_i - \mu}{\sigma} \quad (2-25)$$

Sumber: Ebeling (1996:116)

Nilai $Z_i = \Phi^{-1}(f(t_i))$ didapat dari table *Standardized Normal Probabilities*

b. Distribusi lognormal

$X_i = \ln t_i$

$$Y_i = Z_i = \Phi^{-1}(F(t_i)) = \left(\frac{1}{s}\right) \ln t_i - \left(\frac{1}{s}\right) \ln t_{med} \quad (2-26)$$

Sumber: Ebeling (1996:118)

Nilai $Z_i = \Phi^{-1}(f(t_i))$ didapat dari table *Standardized Normal Probabilities*

c. Distribusi eksponensial

$$X_i = t_i$$

$$Y_i = \ln(1/(1-F(t_i))) \quad (2-27)$$

Sumber: Ebeling (1996:376)

d. Distribusi Weibull

$$X_i = \ln t_i$$

$$Y_i = \ln \ln(1/(1-F(t_i))) \quad (2-28)$$

Sumber: Ebeling (1996:113)

2. Estimasi Parameter

Estimasi parameter dilakukan dengan Metode *Maximum Likelihood Estimator* (MLE).

Estimasi untuk masing-masing parameter adalah:

a. Distribusi normal

Parameter adalah μ dan σ

$$\mu = \bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n} \quad (2-29)$$

$$\sigma^2 = \frac{(n-1)s^2}{n} \quad (2-30)$$

Sumber: Ebeling (1997:378)

b. Distribusi lognormal

Parameter adalah μ , s , dan t_{med}

$$\mu = \bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{\ln t_i}{n} \quad (2-31)$$

$$s^2 = \frac{(\sum \ln t_i - \mu)^2}{n} \text{ (parameter bentuk)} \quad (2-32)$$

$$t_{med} = e^{\mu} \text{ (parameter lokasi)} \quad (2-33)$$

Sumber: Ebeling (1997:378)

c. Distribusi Eksponensial

Parameter adalah λ

$$\lambda = \frac{r}{T} \quad (2-34)$$

Sumber: Ebeling (1997:379)

dimana:

$r = n$ = jumlah kerusakan

T = total waktu kerusakan

d. Distribusi Weibull

Pola distribusi Weibull memiliki 2 parameter pembentuk, yaitu:

α = Parameter skala/ karakteristik umur

β = Parameter bentuk kurva

$$\alpha = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^\beta \right]^{\frac{1}{\beta}} \quad (2-35)$$

Sumber: Kinasih (2012)

$$f(\beta) = \frac{1}{\beta} + \frac{\sum_{i=1}^n \ln x_i}{n} - \frac{\sum_{i=1}^n x_i^\beta \ln x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^\beta} = 0 \quad (2-36)$$

Sumber: Kinasih (2012)

2.5 Uji Kecocokan Distribusi

Uji kecocokan distribusi dilakukan guna mengetahui apakah distribusi yang diamati telah sesuai dengan distribusi yang diharapkan. Uji distribusi yang digunakan antara lain:

a. Uji Kolmogorov-Smirnov

Menurut Ebeling (1997), hipotesa untuk melakukan uji ini adalah:

H_0 : Data kerusakan berdistribusi Normal atau Lognormal

H_1 : Data kerusakan tidak berdistribusi Normal atau Lognormal

Uji statistiknya adalah:

$$D_n = \max\{D_1; D_2\} \quad (2-37)$$

Sumber: Ebeling (1997:402)

Dimana:

$$D_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \Phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) - \frac{1-i}{n} \right\} \quad (2-38)$$

Sumber: Ebeling (1997:402)

$$D_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{1}{n} - \Phi \left(\frac{t_i - \bar{t}}{s} \right) \right\} \quad (2-39)$$

Sumber: Ebeling (1997:402)

$$\hat{t} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n}; S^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(t_i - \bar{t})^2}{n-1} \quad (2-40)$$

Sumber: Ebeling (1997:402)

t_i : data waktu kerusakan ke- i

s : standar deviasi

Kemudian membandingkan D_{test} dengan D_{tabel} yang diperoleh dari tabel Kolmogorov-Smirnov, data dapat dikatakan berdistribusi Weibull bila $D_{\text{max}} < D_{n,\alpha}$.

b. Uji Mann

Menurut Ebeling (1997), hipotesa untuk melakukan uji ini adalah:

H_0 : Data kerusakan berdistribusi Weibull

H_1 : Data kerusakan tidak berdistribusi Weibull

Uji statistiknya adalah:

$$M = \frac{k_1 \sum_{i=k_1+1}^{r-1} \left[\frac{\ln t_{i+1} - t_i}{M_i} \right]}{k_2 \sum_{i=1}^{k_1} \left[\frac{\ln t_{i+1} - t_i}{M_i} \right]} \quad (2-41)$$

Sumber: Ebeling (1997:400)

Keterangan:

$$k_1 = \frac{r}{2}; \quad k_2 = \frac{r-1}{2}$$

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

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

H_0 akan diterima bila nilai $M < M_{\text{Cric}}$. Nilai M_{Cric} diperoleh dari tabel distribusi F dengan $V_1 = 2k_1$ dan $V_2 = 2k_2$

c. Uji Barlett

Menurut Ebeling (1997), hipotesa untuk melakukan uji ini adalah:

H_0 : Data kerusakan berdistribusi Eksponensial

H_1 : Data kerusakan tidak berdistribusi Eksponensial

$$B = \frac{2r \left[\ln \left(\frac{1}{r} \sum_{i=1}^r t_i \right) - \left(\frac{1}{r} \sum_{i=1}^r \ln t_i \right) \right]}{1 + \frac{r+1}{6r}} \quad (2-42)$$

Sumber: Ebeling (1997:399)

Dimana:

t_i = data waktu kerusakan ke- i

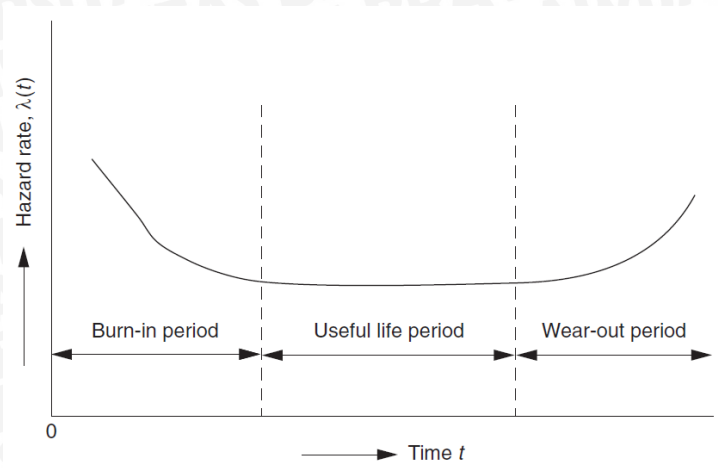
r = jumlah kerusakan

B = uji statistik untuk uji *Barlett's Test*

H_0 akan diterima jika $\chi^2_{\left(\frac{1-\alpha}{2r-1}\right)} < B < \chi^2_{\left(\frac{\alpha}{2r-1}\right)}$

2.6 Siklus Hidup dan Laju Kerusakan Komponen

Bentuk umum laju kerusakan sebagai fungsi waktu (λ) dapat dilihat pada siklus hidup komponen (*bathub curve*) seperti gambar 2.4 berikut ini:



Gambar 2.2 Siklus Hidup Komponen
Sumber: Dhillon (2002)

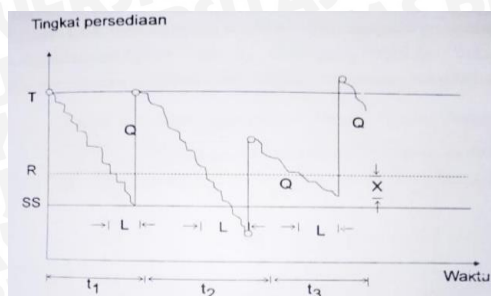
Menurut Dhillon (2002), tingkat resiko terhadap waktu kerusakan mengikuti bentuk dari *bathup* dengan pembagian seperti berikut ini:

1. *Burn-in period* ($\beta < 1$), suatu sistem atau komponen ditandai dengan tingginya laju kegagalan pada fase awal dan berangsur-angsur turun seiring dengan bertambahnya waktu kegagalan disebabkan karena pengendalian kualitas yang baik, penggunaan prosedur yang salah, *setup* atau instalasi yang salah, proses manufaktur yang tidak baik, tes akhir yang tidak komplit, salah dalam pemindahan dan pengemasan, dll. Kerusakan seperti ini disebut kerusakan diri (*burn-in period*).
2. *Useful life period*, laju kegagalan konstan dan kegagalan terjadi secara random dan tidak terprediksi. Beberapa disebabkan karena lingkunganyang kurang baik, cacat yang tidak terprediksi, kesalahan manusia, kerusakan yang tidak dapat dihindari.
3. *Wear-out period* ($\beta > 1$), pada fase ini laju kegagalan naik seiring bertambahnya waktu. Penyebabnya adalah using karena umur, perawatan pencegahan yang tidak sesuai, siklus hidup komponen yang terbatas, using karena gesekan, dll. Fase ini dapat direduksi secara signifikan dengan melakukan penggantian yang efektif dan membuat aturan dan prosedur perawatan pencegahan yang efektif.

2.7 Persediaan

Persediaan merupakan aspek penting yang diperhatikan oleh perusahaan, termasuk pengendalian *spare part* atau suku cadang suatu mesin. Persediaan merupakan sejumlah bahan-bahan, *part*, yang disediakan dan bahan-bahan dalam proses yang terdapat dalam perusahaan untuk proses produksi, serta barang jadi atau produk yang disediakan untuk

memenuhi permintaan dari komponen atau langganan setiap waktu (Assauri, 2008:237). Grafik model persediaan dapat dilihat pada Gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2.3 Model Persediaan
Sumber: Nasution (2008:225)

2.7.1 Fungsi Persediaan

Terdapat beberapa fungsi persediaan (Handoko, 2011:335), antara lain:

1. Fungsi *decoupling*

Fungsi penting persediaan adalah memungkinkan operasi-operasi perusahaan internal dan eksternal mempunyai kebebasan (*independence*). Persediaan *decouples* ini memungkinkan perusahaan dapat memenuhi permintaan langganan tanpa tergantung pada supplier.

2. Fungsi *Economic Lot Sizing*

Melalui penyimpanan persediaan, perusahaan dapat memproduksi dan membeli sumber daya-sumber daya dalam kuantitas yang dapat mengurangi biaya-biaya per unit. Persediaan *lot size* ini perlu mempertimbangkan penghematan-penghematan (potongan pembelian, biaya pengangkutan per unit lebih murah dan sebagainya) karena perusahaan melakukan pembelian dalam kuantitas yang lebih besar dibandingkan dengan biaya-biaya yang timbul karena besarnya persediaan (biaya sewa gudang, investasi, resiko dan sebagainya).

3. Fungsi antisipasi

Sering perusahaan menghadapi fluktuasi permintaan yang dapat diperkirakan dan diramalkan berdasar pengalaman atau data masa lalu, yaitu permintaan musiman. Dalam hal ini perusahaan dapat mengadakan persediaan musiman. Disamping itu, perusahaan juga sering menghadapi ketidakpastian jangka waktu pengiriman dan permintaan akan barang-barang selama periode persamaan kembali, sehingga memerlukan kuantitas persediaan ekstra yang sering disebut persediaan pengaman (*safety inventory*). Persediaan antisipasi ini penting agar kelancaran proses produksi tidak terganggu.

2.7.2 Sistem Persediaan

Sistem persediaan adalah suatu mekanisme mengenai bagaimana mengelola masukan-masukan yang sehubungan dengan persediaan menjadi *output*, dimana diperlukan umpan balik agar *output* memenuhi standar tertentu.

Variabel keputusan dalam pengendalian persediaan tradisional dapat diklasifikasikan ke dalam variabel kuantitatif dan variabel kualitatif. Secara kuantitatif, variabel keputusan pada pengendalian persediaan adalah sebagai berikut (Baroto, 2002:54):

1. Berapa banyak jumlah barang yang akan dipesan atau dibuat
2. Kapan pemesanan atau pembuatan harus dilakukan
3. Berapa jumlah persediaan pengaman, dan
4. Bagaimana mengedalikan persediaan

Secara kualitatif, masalah persediaan berkaitan dengan sistem pengoperasian persediaan yang akan menjamin kelancaran pengelolaan persediaan adalah sebagai berikut:

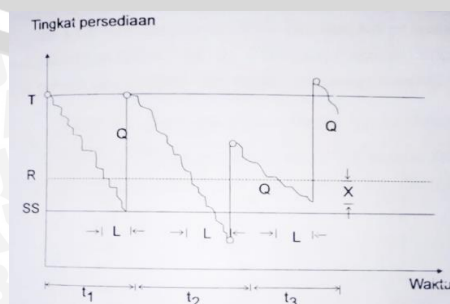
1. Jenis barang apa yang dimiliki
2. Dimana barang tersebut berada
3. Berapa jumlah barang yang sedang dipesan, dan
4. Siapa saja yang menjadi pemasok masing-masing *item*

2.7.3 Pengendalian Persediaan

Menurut Nasution dan Prasetyawan (2008:225), dalam menentukan persediaannya, secara operasional perusahaan dapat melakukan kebijaksanaan persediaan berikut ini, yaitu

1. Kebijakan jumlah pemesanan tetap (Metode Q)

Metode Q pada Gambar 2.4, setiap status persediaan selalu dimonitor setiap terjadi transaksi. Pemasanan yang dilakukan selalu dalam keadaan tetap dan dilakukan pemesanan ketika telah mencapai pada titik R (titik pemesanan kembali). Karena jumlah setiap pemesanan tetap, maka waktu antar pemesanan akan bervariasi tergantung dari sifat acak permintaannya.

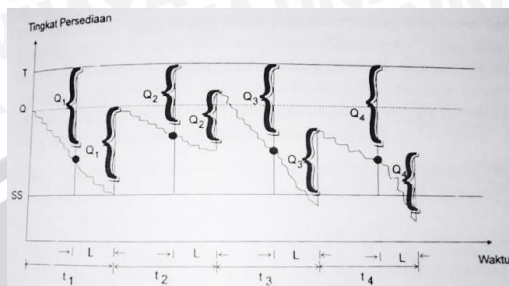


Gambar 2.4 Metode Q

Sumber: Nasution dan Prasetyawan (2008:225)

2. Kebijakan periode pemesanan tetap (Metode P)

Metode P berbeda dengan metode Q karena pada metode P tidak memiliki titik pemesanan kembali, tetapi lebih menekankan pada target persediaan. Selain itu, pada metode P, seperti pada Gambar 2.5, interval pemesanannya tetap sedangkan kuantitas pesannya berubah-ubah.



Gambar 2.5 Metode P
Sumber: Nasution dan Prasetyawan (2008:225)

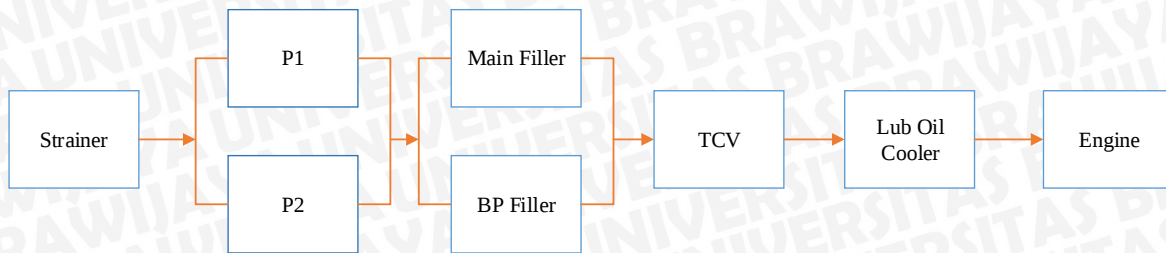
2.8 Functional Block Diagram

Langkah pendeskripsian sebuah sistem diperlukan untuk mengetahui komponen-komponen yang terdapat dalam sistem dan bagaimana komponen tersebut bekerja sesuai fungsinya. Data fungsi peralatan dan cara beroperasinya dipakai untuk membuat definisi dan dasar untuk menentukan kegiatan perawatan sebagai upaya pencegahan (Moubray:1997). Keuntungan *Functional Block Diagram* adalah sebagai berikut:

1. Sebagai dasar informasi dari sistem mengenai desain dan operasi yang dipakai sebagai acuan untuk melakukan tindakan perawatan sebagai upaya pencegahan di kemudian hari.
2. Memperoleh pengetahuan system secara menyeluruh.
3. Mengetahui proses identifikasi parameter-parameter operasi yang menyebabkan kegagalan sistem.

2.9 Reliability Block Diagram

Reliability Block Diagram (RBD) adalah sebuah metode untuk melakukan analisis keandalan sistem dan ketersediaan pada sistem besar dan kompleks dengan menggunakan diagram blok sistem (Ebeling, 1997). Untuk mengetahui nilai keandalan pada suatu mesin, maka terlebih dahulu mengetahui nilai keandalan dari tiap komponen didalamnya. Contoh dari *Reliability Block Diagram* dapat dilihat pada Gambar 2.6.

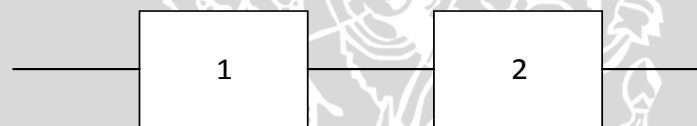


Gambar 2.6 Contoh *Functional Block Diagram*
 Sumber: Anantharaman (2013)

Dalam menggambarkan suatu diagram blok yang nantinya berfungsi untuk mengetahui keandalan dari suatu sistem, ada 2 jenis konfigurasi yang digunakan, antara lain:

1. Konfigurasi Seri

Suatu sistem dapat dimodelkan dengan susunan seri jika komponen-komponen yang ada didalam system harus bekerja atau berfungsi seluruhnya agar sistem tersebut dapat berjalan. Dengan kata lain, apabila ada satu komponen yang tidak bekerja, maka sistem tersebut akan gagal menjalankan fungsinya. Konfigurasi seri dapat dilihat pada Gambar 2.7.



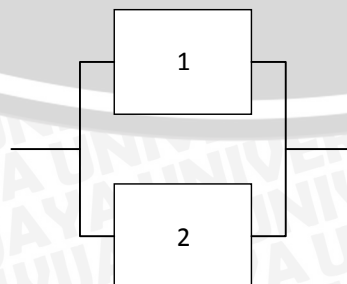
Gambar 2.7 Konfigurasi Seri
 Sumber: Priyanta (2000:41)

Sehingga dalam melakukan perhitungan keandalan sistem yang memiliki konfigurasi seri adalah sebagai berikut:

$$R_{sistem} = R_1(t) \times R_2(t) \dots R_n(t) \quad (2-43)$$

2. Konfigurasi Paralel

Suatu sistem dimodelkan dengan susunan paralel jika ada salah satu komponen tidak bekerja, maka sistem tersebut masih dapat berjalan. Konfigurasi paralel dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Konfigurasi Paralel
 Sumber: Priyanta (2000:41)

$$R_{sistem} = 1 - ((1 - R_1(t)) \times (1 - R_2(t)) \dots (1 - R_n(t))) \quad (2-44)$$

2.10 Klasifikasi ABC

Menurut Gaspersz (2008:273), Klasifikasi ABC atau sering disebut analisis ABC merupakan suatu kelompok material dalam susunan menurun berdasarkan biaya penggunaan material itu per periode waktu (harga per unit material dikalikan volume penggunaan dari material periode tertentu). Periode waktu yang umumnya digunakan adalah satu tahun. Klasifikasi ABC umum dipergunakan dalam pengendalian inventori (*inventory control*). Beberapa contoh penerapan seperti: pengendalian inventori material pada pabrik, inventori produk akhir pada gudang barang jadi, inventori obat-obatan pada apotek, inventori suku cadang pada bengkel atau toko, inventori produk pada supermarket atau toko serba ada (toserba), dan lain-lain.

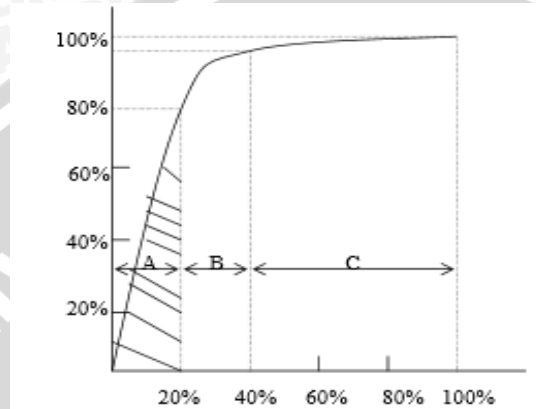
Dengan metode ABC, persediaan dapat digolongkan atau dikelompokkan kedalam tiga kelompok sesuai dengan volume nilai penggunaan (jumlah produk dalam setahun dan biaya pembelian atau biaya produksi unit), yaitu A, B, dan C. Pengelompokan ABC Menurut Winston (1994:934) sebagai berikut:

1. Kelompok A terdiri dari jenis item yang mempunyai nilai penggunaan sekitar 55%-65% dari seluruh nilai penggunaan item, tetapi jumlah item yang diwakili hanya sekitar 5%-20% dari seluruh jumlah item yang terdapat dalam persediaan.
2. Kelompok B terdiri dari jenis item yang mempunyai nilai penggunaan yang lebih rendah, yang mencapai 20%-40% dari seluruh nilai penggunaan bahan dan mewakili 20%-30% dari seluruh jumlah item yang terdapat dalam persediaan.
3. Kelompok C terdiri dari jenis item yang mempunyai nilai penggunaan yang rendah, sekitar 5%-25% dari keseluruhan nilai penggunaan bahan, tetapi jumlah item mencapai 50%-75% dari seluruh jumlah item yang terdapat dalam persediaan.

Sedangkan pengelompokan ABC Menurut Tersine (1994:547) sebagai berikut:

4. Kelompok A terdiri dari jenis item yang mempunyai nilai penggunaan sekitar 75%-80% dari seluruh nilai penggunaan item, tetapi jumlah item yang diwakili hanya sekitar 15%-20% dari seluruh jumlah item yang terdapat dalam persediaan.
5. Kelompok B terdiri dari jenis item yang mempunyai nilai penggunaan yang lebih rendah, yang mencapai 10%-15% dari seluruh nilai penggunaan bahan dan mewakili 20%-25% dari seluruh jumlah item yang terdapat dalam persediaan.
6. Kelompok C terdiri dari jenis item yang mempunyai nilai penggunaan yang rendah, sekitar 5%-10% dari keseluruhan nilai penggunaan bahan, tetapi jumlah item mencapai 60%-65% dari seluruh jumlah item yang terdapat dalam persediaan.

Nilai penggunaan persediaan untuk masing-masing jenis bahan diperoleh dengan mengalikan jumlah permintaan dalam setahun dengan biaya/harga per unit item. Jumlah permintaan dalam setahun digunakan untuk menghindari distorsi dari perubahan-perubahan musiman. Keseluruhan persediaan diurutkan sesuai dengan nilai penggunaan yang paling besar ke yang paling kecil. Jenis-jenis item kemudian diklasifikasikan dengan cara seperti yang telah disebutkan di atas (Tersine, 1994). Grafik klasifikasi ABC dapat dilihat pada Gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.9 Analisa Persediaan ABC
Sumber: Tersine (1994:547)