BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Dalam pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa teori atau referensi yang akan digunakan sebagai dasar dalam pengerjaan penelitian ini. Oleh karena itu, pada bab ini akan menjelaskan tentang beberapa literatur yang mendukung penelitian ini.

2.1 PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian terdahulu adalah penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan akan dijadikan acuan untuk penelitian yang akan dilaksanakan. Berikut ini adalah penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian ini.

1. *Generalized Reliability Centered Maintenance Modeling Through Modified Semi-Markov Chain in Power System* (Pyo Park, 2011). Pada penelitian ini menggabungkan antara metode *Reliability Centered Maintenance* dengan *Markov Chain*. Penelitian dilakukan pada RBTS Bus 2. RBTS adalah sebuah sistem distribusi yang berisi unsur-unsur utama yang memiliki ukuran yang cukup kecil. Pada penelitian ini, peneliti melakukan pengolahan data dari tiga tipe feeder, data pelanggan, nilai laju kerusakan dan laju perbaikan, dan data biaya. Hasil yang diperoleh adalah strategi perawatan yang optimal dilihat dari interval inspeksi pada RBTS Bus 2 dengan total biaya ekspektasi yang kecil.
2. Penentuan Interval Perawatan Berdasarkan Nilai MTBF dan Analisis *Availability Standby System* dengan Metode *Continous Time Markov Chain* di Sistem Karbamat Unit Urea K-1 PT. Pupuk Kaltim (Yuliana, 2009). Pada penelitian ini menggunakan *Continous Time Markov Chain*, dimana terdapat dua *state* yang diidentifikasi yaitu *operating state* dan *failed state*. *Operating state* adalah sistem beroperasi dengan minimal 2 unit pompa sedangkan *failed state* apabila sistem beroperasi dengan 1 unit pompa. Dari hasil penelitian ini diperoleh, nilai *availability* asimtot sebesar 0,8030. Sedangkan nilai MTBF (*Mean Time Between Failure*) sistem adalah 17 hari dan Mean Up-Time (MUT) sistem adalah 13 hari sehingga MTTR (*Mean Time To Repair*) sistem adalah 4 hari. Sehingga penentuan interval perawatan berdasarkan nilai MTBF sistem yaitu setiap 17 hari sekali.

3. Analisis Kebijakan Manajemen Pemeliharaan dan Peremajaan Mesin dengan Menggunakan Metode *Markov Chain* dan *Therbogh's Model* di Drum Plant Area PT. Pertamina (Persero) UP IV Cilacap (Chrissetyo, 2006). Pada penelitian ini dilakukan dengan cara mengidentifikasi kerusakan mesin yang terjadi menggunakan diagram pareto, kemudian melakukan perhitungan *revenue* produksi yang hilang akibat rusaknya mesin. Setelah itu peneliti melakukan perhitungan *markov chain* berdasarkan probabilitas transisi yang telah diperoleh sebelumnya. Setelah diperoleh keputusan perencanaan perawatan berdasarkan biaya terendah, peneliti melakukan analisis peremajaan dan penggantian mesin dengan menggunakan *therbogh's model*. Hasil penelitian ini diperoleh kebijakan pemeliharaan preventif pada status 2 (status ringan) dan status 3 (status sedang) dengan biaya Rp 1.072.209.965 dan dari perhitungan dengan model *therbogh's* diperoleh bahwa perusahaan akan memperoleh keuntungan jika mesin lama diganti saat 4 tahun yang lalu karena anuitas mesin baru lebih murah.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah penelitian ini menggunakan metode *continous markov chain* serta objek penelitian yang digunakan. Objek yang digunakan adalah PT Hanil Jaya Steel Departemen *Rolling Mill* 3. Pada Tabel 2.1 akan menunjukkan perbandingan metode penelitian yang telah dilakukan dengan penelitian yang akan dilakukan.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Penulis	Metode	Objek	Hasil
1	Penelitian saat ini (2014)	*Continous Markov Chain*	Departemen Rolling Mill 3 PT Hanil Jaya Steel	Dari hasil perhitungan nilai probabilitas akan diketahui perencanaan perawatan yang efektif terhadap komponen yang diamati.
2	Pyo Park dkk (2011)	*Semi-markov chain*	RBTS Bus	Dari model yang diusulkan strategi perawatan yang optimal dilihat dari interval inspeksi dengan total biaya ekspektasi terkecil
3	Yuliana (2009)	*Continous Time Markov Chain*	Sistem Karbamat Unit Urea K-1 PT. Pupuk Kaltim	Dari hasil penelitian terdapat dua *state* yang diidentifikasi yaitu *operating state* dan *failed state*. Untuk perencanaan perawatan menggunakan nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF) sistem, *Mean Up-Time* (MUT) sistem dan *Mean Time To Repair* (MTTR) sistem.
4	Chrissetyo (2006)	*Markov chain*, *Therbogh's Model*	Drum Plant Area PT. Pertamina (Persero) UP IV Cilacap	Kebijakan pemeliharaan preventif yang dipilih dilihat dari biaya terkecil dan dari perhitungan *therbogh* diperoleh waktupenggantian mesin.

2.2 PERAWATAN

Mesin merupakan salah satu elemen dari proses produksi yang tidak dapat diabaikan. Penggunaan mesin yang terus menerus dioperasikan akan menyebabkan kemampuan mesin menurun sehingga akan menyebabkan kegagalan dalam proses produksinya. Untuk mengetahui bagaimana performansi mesin, hal yang perlu diketahui adalah usia mesin itu sendiri. Dengan mengetahui usia mesin, perusahaan dapat melakukan upaya untuk memperpanjang usia mesin dengan aktivitas pemeliharaan yang tepat.

Menurut Corder (1992: 4), pemeliharaan merupakan suatu kombinasi dari setiap tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau untuk memperbaikinya sampai, suatu kondisi yang bisa diterima. Adapun tujuan utama dari pemeliharaan adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperpanjang usia kegunaan aset (yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan dan isinya).
2. Untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi (atau jasa) dan mendapatkan laba investasi maksimum yang mungkin.

3. Untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu, misalnya unit cadangan, unit pemadam kebakaran dan penyelamatan dan sebagainya.
4. Untuk menjamin keselamatan orang yang yang menggunakan sarana tersebut.

2.2.1 Jenis-jenis Perawatan

Kegiatan perawatan dibedakan menjadi dua macam, yaitu *Preventive Maintenance* dan *Corrective Maintenance* (Assauri, 1980: 89):

1. *Preventive maintenance*

   Preventive maintenance adalah kegiatan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu digunakan dalam proses produksi. *Preventive maintenance* sangat penting karena kegunaannya yang efektif didalam menghadapi fasilitas-fasilitas produksi yang termasuk dalam golongan *critical unit*. Sebuah fasilitas atau peralatan produksi akan termasuk dalam golongan *critical unit*, apabila:

   a. Kerusakan fasilitas atau peralatan tersebut akan membahayakan kesehatan atau keselamatan para pekerja.
   b. Kerusakan fasilitas ini akan mempengaruhi kualitas dari produk yang dihasilkan.
   c. Kerusakan fasilitas tersebut akan menyebabkan kemacetan seluruh proses produksi.
   d. Modal yang ditanamkan dalam fasilitas tersebut atau harga dari fasilitas ini adalah cukup besar atau mahal.

2. *Corrective maintenance*

   Corrective maintenance adalah kegiatan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan atau kelainan pada fasilitas atau peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Kegiatan *corrective maintenance* yang dilakukan sering disebut kegiatan perbaikan atau reparasi. Perbaikan yang dilakukan karena adanya kerusakan yang dapat terjadi akibat tidak dilakukan *preventive maintenance* ataupun telah dilakukan *preventive maintenance* tetapi sampai pada suatu waktu tertentu fasilitas atau peralatan tersebut tetap rusak.

Sedangkan menurut Supandi (1990), bentuk-bentuk perawatan dibagi kedalam beberapa kelompok yaitu:

1. Perawatan preventif, yaitu pekerjaan perawatan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan, taua cara perawatan yang direncanakan untuk pencegahan. Perawatan preventif dimaksudkan juga untuk mengefektifkan pekerjaan inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan dan set up sehingga peralatan atau mesin-mesin selama beroperasi dapat terhindar dari kerusakan. Perawatan preventif dilaksanakan sejak awal sebelum terjadi kerusakan. Perawatan preventif ini penting diterapkan pada industri-industri yang proses produksinya kontinu atau memakai sistem otomatis. Kegiatan *preventive maintenance* dibagi menjadi dua kelompok:
   a. *Subjective Monitoring*

      Monitoring yang dilakukan dengan menggunakan indera seperti mendengarkan, melihat, menyentuh, merasakan, dan membau, kemudian mengestimasi kondisi berdasarkan indera tersebut. Perawatan ini bersifat subjektif karena bergantung pada keahlian operator dalam memonitor kondisi mesin.
   b. *Objective Condition Monitoring*

      Monitoring yang dilakukan berdasarkan hasil yang ditunjukkan oleh alat ukur. Pada metode ini perawatan dilakukan dengan cara memasangkan alat ukur pada peralatan/mesin yang tidak sedang beroperasi, kemudian sensor dari alat ukur tersebut akan memberkan informasi bila terjadi penyimpangan.
2. Perawatan Korektif, yaitu pekerjaan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi fasilitas sehingga mencapai standar yang dapat diterima. Perawatan korektif termasuk dalam cara perawatan yang direncanakan untuk perbaikan. Dalam perawatan ini dapat mengadakan peningkatan-peningkatan sedemikian rupa, seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan peralatan agar lebih baik. Menghilangkan problema yang merugikanuntuk mencapai kondisi operasi yang lebih ekonomis.
   a. Perawatan Berjalan (*Running Maintenance*)

      Perawatan yang dilakukan pada saat fasilitas atau peralatan dalam keadaan bekerja. Perawatan berjalan ini termasuk cara perawatan yang direncanakan untuk diterapkan pada peralatan dalam keadaan operasi. Perawatan dalam kondisi berjalan diterapkan pada mesin-mesin yang harus beroperasi terus menerus dalam proses produksi. Kegiatan perawatan *monitoring* secara aktif. Diharapkan dari hasil perbaikan yang dilakukan secara cepat dan terencana ini

dapat menjamin kondisi proses produksi tanpa adanya gangguan yang mengakibatkan kerusakan.

b. Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*)

Perawatan prediktif dilakukan untuk mengetahui terjadinya perubahan atau kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi dari system peralatan. Biasanya perawatan prediktif dilakukan dengan bantuan panca indera atau dengan alat-alat monitor canggih. Teknik-teknik dan alat bantu yang dipakai dalam memonitor kondisi ini adalah untuk efisiensi kerja agar kelainan yang terjadi dapat diketahui dengan cepat dan tepat. Perawatan dengan sistem *monitoring* sangat penting dilakukan untuk mendapatkan hasil yang realistis tanpa melakukan pembongkaran total untuk menganalisisnya.

c. Perawatan Setelah Terjadi Kerusakan (*Breakdown Maintenance*)

Perawatan ini dilakukan setelah terjadi kerusakan, dan untuk memperbaikinya harus disiapkan suku cadang, material, alat-alat dan tenaga kerjanya. Beberapa peralatan pabrik yang beroperasi pada unit tersendiri atau terpisah dari proses yang lainnya, tidak akan langsung mempengaruhi seluruh proses produksi apabila terjadi kerusakan. Untuk peralatan tersebut tidak perlu diadakan perawatan, karena biaya perawatan lebih besar daripada biaya kerusakannya. Dalam kondisi khusus ini peralatan dibiarkan beroperasi sampai rusak, sehingga waktu untuk produksi tidak berkurang. Penerapan system perawatan ini dilakukan pada mesin-mesin industri yang ringan, apabila terjadi kerusakan dapat diperbaiki dengan cepat.

d. Perawatan Darurat (*Emergency Maintenance*)

Perbaikan yang segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tak terduga. Perawatan darurat ini termasukcara perawatan yang tidak direncanakan.

2.3 *DOWNTIME*

Menurut Sudradjat (2011: 23), *downtime* adalah suatu periode waktu dimana suatu fasilitas dalam kondisi yang tidak dapat digunakan atau tidak berfungsi seperti yang diharapkan. Sedangkan menurut Dhillon (2002: 209), *downtime* adalah total waktu dimana item atau peralatn tidak dapat beroperasi dengan memuaskan. Penyebab *downtime* sendiri bisa berbentuk kerusakan mesin, kekurangan logistik, pemberhentian rutin dan terencana atau kelebihan kapasitas.

2.4 LAJU KERUSAKAN

Laju kerusakan (*failure rate*) didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah kegagalan (*number of failure*) dengan total waktu waktu operasi yang telah ditentukan (*total operating hours*). Sedangkan rataan waktu antar kerusakan (*Mean Time Between Failure*/ MTBF) adalah berbanding terbalik dengan *failure rate*. Besar nilai MTBF adalah (Purnomo, 2013: 125):

$$MTBF = \frac{1}{\lambda},$$

maka besarnya laju kerusakan dapat dihitung dengan rumus:

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (2\text{-}1)$$

2.5 LAJU PERBAIKAN

Laju pelayanan (*repair rate*) didefinisikan sebagai waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan. Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu = \frac{1}{rata\text{-}rata\ waktu\ pelayanan} \quad (2\text{-}2)$$

Sumber: Stephens (2004: 54)

Rata-rata waktu pelayanan didasarkan pada data historis atau mengukur variasi pekerjaan.

2.6 *MARKOV CHAIN*

Markov chain adalah sebuah proses stokastik, dimana kejadian pada masa mendatang hanya bergantung pada keadaan masa lampau (Langi, 2009: 123). Menurut O'connor dan Kleyner (2012: 160) *markov chain* memiliki keunggulan, diantaranya adalah sebagai berikut:

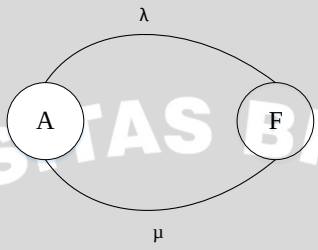
1. Probabilitas perubahan dari satu *state* ke *state* yang lain harus tetap konstan. Jadi metode hanya dapat digunakan ketika asumsi *failure rate* bisa dibenarkan.
2. *Future state* bersifat independen dari semua *state* di masa lalu kecuali *state* sebelumnya. Ini merupakan kendala penting dalam analisis sistem perbaikan, karena mengandung arti bahwa perbaikan dapat mengembalikan sistem ke kondisi seperti baru lagi.

Metode *markov chain* ini dapat juga diaplikasikan pada sistem kontinu yang dikenal sebagai *Continous Markov Chain*.

2.6.1 *Continous Markov Chain*

Continous Markov Chain adalah suatu metode evaluasi keandalan yang mengakomodasikan waktu perbaikan yang dibutuhkan oleh peralatan (Yuliana, 2009: 2). Dimana diasumsikan laju kerusakan dan laju pelayanan (λ, μ) adalah konstan dalam waktu kontinu. Tahapan pada metode *continuous markov chain* adalah sebagai berikut:

1. Membuat diagram transisi. Pada gambar 2.1 menunjukkan diagram transisi dalam keadaan *steady state*.



Gambar 2.1 Diagram transisi
Sumber: O'connor dan Kleyner (2012: 164)

2. Membuat matriks transisi dari diagram transisi yang telah dilakukan. Berikut merupakan matriks transisi dalam keadaan *steady state*.

$$P = \begin{vmatrix} 1-\lambda & \lambda \\ \mu & 1-\mu \end{vmatrix} \quad (2\text{-}3)$$

Sumber: O'connor dan Kleyner (2012: 164)

3. Menghitung probabilitas dari setiap *state* yang telah ditentukan.

Menurut Hiller (2005: 184), $P\{X(t+s) = j | X(s) = i\}$ adalah probabilitas transisi, sama seperti probabilitas transisi pada wantai Markov diskrit, dengan perbedaannya adalah t tidak harus merupakan bilangan bulat. Jika probabilitas transisi independen terhadap s maka

$$P\{X(t+s) = j | X(s) = i\} = P\{X(t) = j | X(0) = i\} \quad (2\text{-}4)$$

Dimana,

X(t) = *state* sistem pada waktu ke t.

t = waktu mendatang

$X(s) = i$

Untuk semua $s > 0$, dan probabilitas transisi ini disebut probabilitas transisi stasioner. Notasi tersebut (2-4) dapat disederhanakan dengan

$$P_{ij}(t) = P\{X(t) = j | X(0) = i\} \quad (2\text{-}5)$$

P_{ij} adalah peluang transisi satu langkah dari keadaan i ke keadaan j. Dengan p_{ij} memenuhi kondisi (Hiller, 2005: 185):

$p_{ij} = 0$ untuk semua i, dan (2-6)

$\sum_{j=0}^{M} p_{ij} = 1$ untuk semua i (2-7)

2.7 KEANDALAN (*RELIABILITY*)

Menurut Vinayak dan Dharmaraja (2012: 521) menyatakan bahwa keandalan adalah kemampuan suatu sistem untuk melakukan fungsi yang diperlukan tanpa mengalami kegagalan pada periode waktu tertentu. Definisi lain dari keandalan adalah suatu ukuran probabilitas yang menyatakan hubungan antara keandalan dengan waktu (t), sehingga keandalan adalah peluang suatu komponen dapat bekerja optimal sampai pada batas waktu (t). Keandalan sistem sama dengan (Pij).

2.8 *MEAN TIME TO FAILURE* (MTTF)

Menurut Sudrajat (2011: 89), *Mean Time To Failure* (MTTF) adalah waktu rata-rata terjadinya kerusakan dari suatu peralatan/mesin atau dapat dikatakan sebagai waktu kemampuan mesin dan peralatan untuk beroperasi. MTTF ini umumnya digunakan untuk mengetahui berapa lama mesin dapat dioperasikan sampai tidak dapat digunakan lagi. Menurut Pyo Park (2011: 26), untuk mengetahui nilai MTTF dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

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

$MTTF = \frac{1}{\lambda}$, dengan λ adalah laju kerusakan mesin atau peralatan (2-8)