

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1. Sistem Perawatan

Perawatan adalah aktivitas pemeliharaan, penggantian, pembersihan, penyetelan dan pemeriksaan terhadap object yang dirawat. Konsep ini berawal dari keinginan manusia untuk memperoleh kenyamanan dan keamanan terhadap objek yang dimilikinya, sehingga dapat memenuhi kebutuhan manusia (Kurniawan, 2013. *Manajemen Perawatan Industri*).

Pengertian Perawatan

Menurut Rudi Tri Hartono dalam (Sofian Assauri 2004:95): “perawatan dapat diartikan sebagai kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian yang diperlukan, agar terdapat suatu keadaan operasi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan”. Adapun tujuan utama fungsi pemeliharaan adalah untuk menjaga agar kemampuan produksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi pada tingkat yang tepat agar memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan juga agar kegiatan produksi tidak terganggu karena adanya perbaikan-perbaikan yang tidak diduga, dan juga untuk mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang diluar batas, dan juga menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan dalam waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan mengenai investasi tersebut.

Masalah investasi ini berkaitan dengan kepentingan pemeliharaan sebagai sarana pokok, yaitu:

- A. untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin dengan melaksanakan kegiatan *maintenance* secara efektif dan efisien keseluruhannya.
- B. Menghindari kegiatan *maintenance* yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja.
- C. 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 of investment yang sebaik mungkin dan total biaya yang terendah.

Selanjutnya Sujadi Prawiro Sentono (2001:303) mengemukakan pula bahwa “Pemeliharaan mesin adalah kegiatan pemeliharaan mesin-mesin dengan cara pemeriksaan, pelumasan, reparasi atas kerusakan yang terjadi”.

Menurut Barry render dan jay heizer yang dialih bahasakan oleh Kresnohadi Ariyoto (2001:542) pemeliharaan mesin meliputi:

“Segala aktivitas yang terlibat dalam penjagaan peralatan sistem dalam aturan kerja’. Berdasarkan pengertian-pengertian diatas dalam kenyataannya masalah pemeliharaan sering tidak konsisten ketika target produksi meningkat, sehingga terjadilah kegiatan pemeliharaan yang tidak teratur dan mengakibatkan menurunnya kualitas produksi. Peranan yang penting dari kegiatan pemeliharaan baru terasa setelah mesin-mesin produksi mulai bermasalah (Kurniawan, 2013. *Manajemen Perawatan Industri.*)

Adapun kegiatan pemeliharaan mesin menurut Sofjan Assauri (2004:96), Pemeliharaan mesin yang lebih mendekati kenyataan yang ada dalam suatu perusahaan ada 2 jenis yaitu:

1. Pemeliharaan Preventif (*Preventif Maintenance*)

Adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada saat digunakan, *Preventif maintenance* sangat penting karena kegunaannya yang sangat efektif didalam menghadapi fasilitas-fasilitas produksi yang termasuk dalam golongan "*Critical Unit*" dengan ciri-ciri:

- Kerusakan fasilitas akan membahayakan kesehatan atau keselamatan para pekerja.
- Kerusakan fasilitas akan mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan.
- Kerusakan fasilitas akan menyebabkan kemacetan seluruh proses produksi.
- Modal yang ditanamkan pada fasilitas tersebut atau dari fasilitas ini cukup besar atau mahal.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa *preventif maintenance* akan menjamin kerja dan selalu mengusahakan dalam keadaan yang siap pakai untuk setiap proses produksi yaitu dengan melakukan inspeksi pemeliharaan fasilitas pada saat tertentu.

2. *Corrective maintenance* atau *breakdown maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan, yang dilakukan setelah terjadi kerusakan atau kelainan pada fasilitas sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Kegiatan *corrective maintenance* yang dilakukan sering disebut dengan perbaikan atau reparasi.

Perbaikan yang dilakukan karena adanya kerusakan yang dapat terjadi akibat tidak dilakukannya *preventive maintenance* atau pun telah dilakukan *preventif maintenance* tapi pada suawatu-waktu tertentu fasilitas atau peralatan tersebut tetap dapat terjadi kerusakan. Jadi dalam hal ini kegiatan maintenance sifatnya hanya menunggu sampai kerusakan terjadi dahulu, baru kemudian diperbaiki atau dibetulkan.

Maksud dari tindakan perbaikan ini adalah, agar failitas atau peralatan tersebut dapat dipergunakan kembali dalam proses produksi, sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar kembali.

1.1.1 Tujuan Perawatan

Perawatan merupakan kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas (peralatan) pabrik dan mengadakan perbaikan atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan rencana sehingga mencegah terjadinya kerusakan selama proses produksi berlangsung atau sebelum tercapainya rencana dalam jangka waktu tertentu,

adapun tujuan utama dari kegiatan sistim perawatan ini diantaranya adalah sebagai berikut:

- A. Untuk mencapai tingkat biaya perawatan (*maintenance*) semaksimal mungkin, dengan melaksanakan kegiatan perawatan secara efektif dan efisien.
- B. Mesin dan peralatan produksi (fasilitas produksi) yang ada didalam perusahaan tersebut akan dipergunakan dalam jangka waktu yang lebih lama.
- C. Menjamin keselamatan operator yang menggunakan sarana dan alat tersebut.
- D. Menjaga kualitas produk pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sehingga kegiatan produksi tidak terganggu.
- E. Menghindari kegiatan *maintenance* yang dapat membahayakan keselamatan pekerja.
- F. Mengontrol setiap mesin agar tetap terjaga pemakaiannya.
- G. Kemampuan berproduksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.[2]

1.1.2 Jenis-jenis Perawatan

Pada umumnya *preventif maintenance* yang dilakukan setiap perusahaan adalah *routine maintenance* dan *periodic maintenance*. Menurut Manahan P. Tampubolon (2003:251) pengertian *routine maintenance* dan *periodic maintenance* sebagai berikut:

1. *Routine maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara rutin. Sebagai contoh setiap hari mengadakan pelumasan, pengecekan oli, pengecekan dan pengisian bahan bakar, termasuk pemanasan mesin (*warming up*).

2. *Periodic maintenance*

A. *Periodic maintenance* adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara periodic dan berkala. Sebagai contoh pembongkaran mesin, penyetelan pneumatic, penggantian sparepart, service (*over houl*) besar maupun kecil.

B. Pemeliharaan korektif (*Breakdown maintenance*) adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada fasilitas sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Dapat disimpulkan bahwa *breakdown maintenance* dilakukan pada saat mesin tersebut telah rusak akibat telah dilakukanya *preventif maintenance*. Walaupun telah dilakukan *preventif maintenance* tetapi pada suatu waktu fasilitas tersebut akan tetap rusak. Kegiatan pemeliharaan ini hanya menunggu sampai kerusakan terjadi dulu, kemudian baru diperbaiki.

1.1.3 Permasalahan Dalam Perawatan

Fungsi utama dari perawatan adalah untuk mengendalikan kondisi dari peralatan dan mesin, manajemen perawatan berupaya untuk menjawab beberapa permasalahan yang dihadapi oleh industri dalam melakukan aktivitas prosesnya.

Untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi, terkadang para pengambil keputusan, dihadapkan oleh alternatif solusi yang harus diambil, adapun permasalahan yang dihadapi antara lain:

1. Pembentukan organisasi perawatan.
2. Pembagian tugas perawatan.
3. Frekuensi inspeksi dan ruang lingkup inspeksi.
4. Kebijakan breakdown maintenance.
5. Peraturan penggantian sparepart.
6. Jumlah tim perawatan.
7. Penjadwalan dalam melakukan aktivitas perawatan.

1.1.4 Konsep Perencanaan Perawatan

Manajemen memungkinkan perusahaan untuk melakukan beberapa tahapan aktivitas, sehingga proses perawatan dapat dilaksanakan secara sistematis. Perencanaan perawatan dapat mengacu pada kaidah manajemen secara umum.

James A.F Stonner mengemukakan bahwa *“management is the process of planning, organizing, leading and controlling the efforts of organization members of using all other organizational resources to achieve stated organizational”* salah satu konsep yang dapat diambil adalah *“fayol primary focus in Managerial”* dimana Henry Fayol (1841-1925) mendefinisikan manajemen kedalam lima fungsi, antara lain:

1. *Planning* (perencanaan)
2. *Organizing* (pengorganisasian)
3. *Commanding* (komando)

4. *Coordinating* (koordinasi)
5. *Controlling* (pengendalian dan evaluasi)

1.1.5 Pemahaman Istilah Perawatan

Pelaksanaan Perawatan Industri membutuhkan komunikasi yang jelas diantara konseptor dengan pelaksana perawatan, terdapat beberapa istilah perawatan, yang seringkali kita denga, dan perlu dipahami, antara lain:

A. Inspection (Inspeksi)

Inspeksi merupakan aktivitas pengecekan untuk mengetahui keberadaan atau kondisi dari fasilitas produksi. Inspeksi biasanya berupa aktivitas yang membutuhkan analisa dan panca indra yang kuat.

B. Repair (Perbaikan)

Repair adalah aktivitas yang dilakukan untuk mengembalikan kondisi mesin yang mengalami gangguan, dimana prosesnya hanya dilakukan untuk perbaikan yang sifatnya kecil.

C. Overhaul (Perbaikan menyeluruh)

Overhaul merupakan aktivitas perbaikan menyeluruh, aktivitas ini memiliki makna yang sama dengan repair, hanya ruang lingkupnya lebih besar.

D. Replacement (Penggantian)

Replacement adalah aktivitas penggantian mesin. Biasanya mesin yang memiliki kondisi yang lebih baik akan menggantikan mesin yang sebelumnya.

1.2. Mesin Heating

Sistem perawatan pada mesin Heating banyak menggunakan manual karena pada mesin heating ini tidak terlalu banyak gerakan automatic nya, tetapi jika sudah terjadi masalah pada control otomatis nya maka akan lama untuk memperbaikinya dibanding dengan kerusakan mekanik, contoh kerusakan automatic yaitu: *walking beam* tidak bisa gerak, *termocontrol error*, hiadraulic tidak bisa auto. Sedangkan untuk kerusakan mekanik seperti hidraulic bocor, filter oli kotor, rantai conveyor putus dan sebagainya. Untuk lebih jelas nya maka dibawah ini ada beberapa foto mesin heating:



Gambar 2.1 Mesin *heating*



Gambar 2.2 kerusakan pada beam



Gambar 2.3 Conveyor input



Gambar 2.4 stoper input



Gambar 2.5 *Power pack*



Gambar 2.6 *pressure gauge*



Gambar 2.7 *Coller oli power pack*



Gambar 2.8 *pressure gauge filter oli*



Gambar 2.9 *walking beam fwd-bwd*



Gambar 2.10 *walking beam up-down*



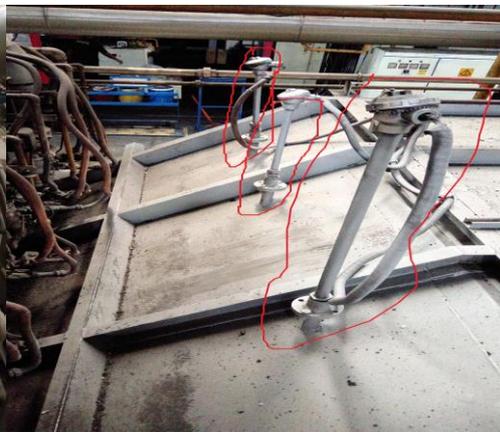
Gambar 2.11 *Pneumatic stopper input*



Gambar 2.12 *pusher input*



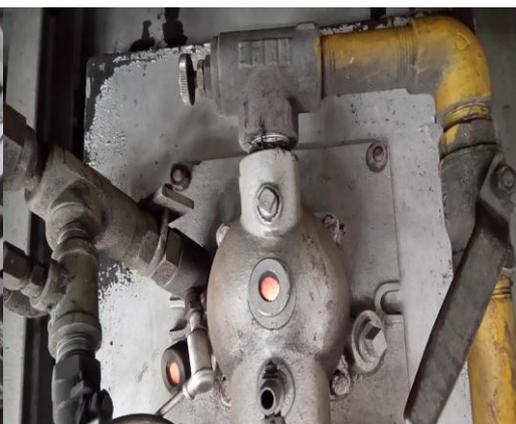
Gambar 2.13 *Instalasi heating*



Gambar 2.14 *thermocouple*



Gambar 2.15 *Setelan Burner Heating*



Gambar 2.16 *untuk melihat Burner*

1.3. Klasifikasi kondisi kerusakan

Untuk menghitung probabilitas transisi dari suatu proses markov dalam masalah ini maka sistem mesin akan dikelompokkan sesuai dengan kondisi kerusakannya. Kondisi di sini adalah tingkat kesiapan mesin saat dilakukan perawatan periodik terhadap mesin tersebut. Setelah dilakukan pemeriksaan kondisi mesin dapat digolongkan menjadi 4 yaitu :

- 1) Kondisi baik suatu mesin dikatakan dalam kondisi Baik apabila mesin tersebut dapat digunakan untuk operasi dengan ketentuan-ketentuan yang telah disetujui, seperti:

Mesin tidak mengalami kerusakan selama proses produksi. Kondisi ini disebut status 1/Baik (B)

- 2) Kondisi Kerusakan Ringan Suatu mesin dikatakan dalam kondisi Rusak Ringan apabila mesin tersebut dapat beroperasi dengan baik, tetapi terjadi kerusakan-kerusakan kecil. Kerusakan yang ditimbulkan relatif ringan, antara lain :

Pneumatic error, conveyor macet, rantai lepas dsb. Kondisi ini disebut status 2/Rusak Ringan (RR)

- 3) Kondisi Rusak Sedang Suatu mesin dikatakan dalam kondisi kerusakan sedang apabila mesin tersebut dapat beroperasi tetapi sewaktu-waktu proses produksi dapat berhenti, antara lain:

Selector rusak, sensor pecah, trimming belt aus, pusher ngowos, hidraulic tidak kuat dsb. Kondisi ini disebut status 3/Rusak Sedang (RS)

4) Kondisi Rusakan Berat Suatu mesin dikatakan dalam kondisi kerusakan berat apabila tidak dapat digunakan untuk beroperasi sehingga proses produksi berhenti. Waktu untuk perbaikan relatif lama kadang juga diikuti dengan penggantian komponen-komponen, antara lain: sproket aus, seal hidraulic Aus, Bajulan Heating lepas dsb. Kondisi ini disebut status 4/Rusak Berat (RB)

1.4. Proses *Markov Chain*

Analisa *markov chain* adalah suatu metode yang mempelajari sifat-sifat suatu variabel pada masa sekarang yang didasarkan pada sifat-sifatnya dimasa lalu dalam usaha menaksir sifat-sifat variabel tersebut dimasa yang akan datang. Analisis markov adalah suatu bentuk metode kuantitatif yang digunakan untuk menghitung probabilitas perubahan-perubahan yang terjadi berdasarkan probabilitas perubahan selama periode waktu tertentu. Berdasarkan teori ini, maka probabilitas suatu sistem yang mempunyai kondisi tertentu sesudah waktu tertentu akan tergantung pada kondisi saat ini.

Metode ini banyak digunakan untuk pengambilan keputusan, namun bukan untuk memberi solusi, artinya bukan suatu keputusan, tetapi hanya memberikan informasi bagi pengambil keputusan untuk memperbaiki keputusannya, khususnya dalam bidang-bidang tertentu, seperti pada perencanaan perawatan mesin.

Markov Chain baru diperkenalkan sekitar tahun 1907, oleh seorang Matematisi Rusia *Andrey A. Markov* (1856-1922).

Andrey A. Markov menghasilkan hasil pertama (1906) untuk proses ini, murni secara teoritis. Sebuah generalisasi ke bentuk tak terbatas dalam ruang diskrit diberikan oleh *Kolmogorov* (1936).

Rantai Markov terkait dengan gerakan Brown dan *ergodic hipotesis*, dua topik dalam fisika yang penting dalam tahun-tahun awal abad ke-20, tetapi tampaknya Markov lebih fokus pada perluasan hukum bilangan besar dalam percobaan-percobaan. Model ini berhubungan dengan suatu rangkaian proses dimana kejadian akibat suatu eksperimen hanya tergantung pada kejadian yang langsung mendahuluinya dan tidak tergantung pada rangkaian kejadian sebelumnya yang lain. Pada 1913, ia menerapkan temuannya untuk pertama kalinya untuk 20.000 pertama Pushkin huruf "*Eugene Onegin*".

Sebelum membahas metode untuk menentukan kemungkinan transisi akan diuraikan dahulu tentang pengertian dasar proses stokastik, Karena metode *Markov Chain* merupakan kejadian khusus dari proses stokastik (Tjuju T. Dimiyati dan Ahmad Dimiyati, 2003, hal. 323).

Proses stokastik $(X(t) : t \in T)$ adalah sekelompok variabel random $X(t)$ dimana t diambil dari sekumpulan data (T) yang telah diketahui. Seringkali T merupakan suatu kelompok bilangan bulat non negatif dan $X(t)$ menyatakan karakteristik yang dapat diukur dari pada waktu t . karena $X(t)$ adalah variabel random maka tidak dapat diketahui dengan pasti pada status manakah suatu proses akan berada pada waktu t , bila t menunjukkan saat terjadinya status diwaktu yang akan datang. Dimana $t = 0,1,2,3, \dots, M$ Hartono dalam (Siagian, hal 490).

Proses stokastik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu proses bebas dan proses Markov. Dalam masalah ini hanya akan dibahas yang berkaitan dengan proses Markov, yang mempunyai ruang status terbatas dan himpunan parameter waktu t yang diskrit terbatas. Suatu proses stokastik dikatakan sebagai proses *Markov Chain* apabila perkembangannya dapat disebut sebagai deretan peralihan-peralihan diantara nilai-nilai tertentu yang disebut sebagai suatu probabilitas yang mempunyai sifat bahwa bila diketahui proses berada pada status tertentu, maka kemungkinan perkembangannya proses di masa yang akan datang hanya tergantung pada status saat ini dan tidak tergantung dari cara bagaimana proses ini mencapai status tersebut.

1.4.1. Konsep dasar *Markov Chain*

Apabila suatu kejadian tertentu dari suatu rangkaian

Stochastic-Process Classification Examples

<i>Time</i> <i>State</i>	<i>Continuous</i>	<i>Discrete</i>
<i>Continuous</i>	Analog signal	A to D converter
<i>Discrete</i>	Computer availability model	round-based network protocol model

Gambar 2.17 Stochastic Proses

Eksperimen tergantung dari beberapa kemungkinan kejadian , maka rangkaian eksperimen tersebut disebut Proses Stokastik.

Suatu proses stokastik dikatakan memiliki sifat markov chain jika memenuhi syarat sebagai berikut :

$$P\{X_{(t+1)}=j|X_0=K_0, X_1=K_1, \dots, x_{t-1}, x_t=1\}$$

$$=P_t X_{(t+1)} = Y|X_1=1\}, \text{ dimana } t=0,1,2,\dots$$

Dengan kata lain dapat diungkapkan bahwa proses Markov apabila diketahui proses saat ini, maka masa depan proses tidak tergantung pada proses masa lalunya, tetapi hanya tergantung pada proses saat ini.

Secara umum dapat dikatakan sebagai suatu proses *Markov Chain* adalah suatu proses stokstik dimana setiap variabel random X_m , hanya tergantung pada variabel yang mendahuluinya yaitu $X_{(t-1)}$ dan hanya mempengaruhi variabel random berikutnya yaitu $X_{(t+1)}$. Sehingga istilah Chain disini adalah saling berdekatan (bertetangga).

Probabilitas bersyarat $P \{ X_{(t-1)} = j \mid X_1 = i \}$ disebut sebagai probabilitas transisi. Jika untuk masing-masing i dan j . $P \{ X_{(t-1)} = j \mid X_1 = i \} = P \{ X_1 = j \mid X_0 = i \}$, untuk $t = 0, 1, 2, \dots$ maka disebut probabilitas transisi (satu langkah) dan biasanya dilambangkan dengan P_{ij}^n . Sedangkan $P \{ X_{(t-1)} = j \mid X_1 = i \} = P \{ X_0 = j \mid X_0 = i \}$, dimana $n = 0, 1, 2, \dots$ untuk $t = 0, 1, 2, \dots$. Probabilitas bersyarat ini biasanya dilambangkan dengan P_{ij}^n dan disebut sebagai probabilitas transisi n langkah. Jadi P_{ij}^n adalah probabilitas bersyarat bahwa sebagai variabel random $X_{(1)}$, yang dimulai dari status i , akan berada pada status j setelah n langkah.

Untuk $n=0$, P_{ij}^n maka $P \{ X_0 = j \mid X_0 = i \}$ sehingga mengakibatkan bernilai 1 ketika $i=j$ dan 0, untuk semua i dan j , dan $n = 0, 1, 2, \dots$

$P_{ij}^n = \delta_{ij}$, untuk semua i dan $n=0, 1, 2, \dots$

Probabilitas transasi dinyatakan dalam bentuk matrik adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Probabilitas Transisi

Status	0	1	M
0	$p(n)_{00}$	$p(n)_{0M}$
1		:	:
M	$P(n)_{M0}$	$p(n)_{MM}$

atau

$P(n)_{M0}$	$p(n)_{MM}$
	:	:
$P(n)_{M0}$		$p(n)_{MM}$

Matrik P ini dikatakan suatu peralihan yang homogen atau matrik stokastik, karena probabilitas transisi P_{ij} adalah konstan dan tidak tergantung pada waktu. Sifat *Markov Chain* dalam jangka panjang probabilitasnya menjadi suatu status mapan (*steady state*) yaitu tidak adanya ketergantungan pada keadaan awal dari sistem tersebut.

Limit P_{ij}^n nyata dan tidak tergantung pada i

$$n \rightarrow \infty$$

$$\text{Selain dari pada itu limit } P_{ij}^n = \pi_j \quad (2-1)$$

$$n \rightarrow \infty$$

Dimana π_j merupakan probabilitas status j yang memenuhi persyaratan steady state.

$$\pi_j = \sum_{i=0}^M \pi_i P_{ij} \text{ untuk } j = 0, 1, 2, \dots, M$$

$$\sum_{i=0}^M \pi_i = 1$$

1.4.2. Penaksiran parameter markov

Sebagai persoalan utama yang dihaapi apabila hendak menggunakan proses markov sebagai model suatu sistem adalah menentukan taksiran parameter-parameter tersebut dan data yang diperoleh dari jumlah pengamatan. Penaksiran parameter ini dapat dilakukan dengan menentukan sejumlah data tentang lintasan status yang dialami individu sampel selama mengalami proses transisi yang dialami pada suatu selang waktu tertentu. Dalam menaksir probabilitas transisi homogen satu langkah dengan cara menggunakan pengamatan terhadap transisi status individu yang ditarik dari N sampel pengamatan yang dirancang dengan metode seperti dijelaskan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.2 Rancangan Pengamatan

Status	1	2	3	4	Jumlah S ke t+1
1	m11	m12	m13	m14	m1*
2	m21	m22	m23	m24	m2*
3	m31	m32	m33	m34	m3*
4	m41	m42	m43	m44	m4*
Jumlah S ke t	m1	m2	m3	m4	

Sumber : Hiller, 1974

Dari tabel tersebut probabilitas dapat diketahui dengan $P_{ij} = m_{ij}/m_i$

Dimana :

P_{ij} = Probabilitas

m_{ij} = keadaan sistem pada status $-j$

m_i = jumlah sistem pada status $-j$

1.4.3. Kegunaan probabilitas dan keputusan Markov

Dalam operasinya suatu item akan mengalami beberapa kemungkinan transisi status yang berubah dari satu status ke status yang lain. Bila dikatakan bahwa dalam selang yang cukup pendek terdapat 4 kemungkinan status, maka untuk mengubah kondisi status yang dialami dilakukan beberapa tindakan yang sesuai dengan kondisi status, misalnya jika item diperbaiki pada saat terjadi kerusakan berat (status 4) maka status 1, 2, dan 3 dibiarkan saja, tetapi seandainya

kebijaksanaan itu dirubah dimana perawatan dilakukan apabila item berada pada status 2, 3, dan 4 sehingga menjadi status 1 juga bisa dilakukan sebagai berikut:

Tabel 2.3 Keputusan Perawatan

Status	Kondisi
1	Baik
2	Kerusakan ringan
3	Kerusakan sedang
4	Kerusakan berat

Sumber : Hiller, 1974

Tabel 2.4 Tindakan Yang Dilakukan

Keputusan	Tindakan yang dilakukan
1	Tidak dilakukan
2	Dilakukan perawatan pencegahan

	(Sistem kembali ke status sebelumnya)
3	Perawatan korektif (system kembali ke status I)

Sumber : Hiller dan Supandi, 1974

Table 2.5 Keputusan pemeliharaan

policy	Keterangan	d1(P)	d2(P)	d3(P)	d4(P)
P0	Perawatan korektif pada status 4	1	1	1	3
P1	Perawatan korektif pada status 4 dan perawatan pencegahan pada status 3	1	1	2	3
P2	Perawatan korektif pada status 4 dan perawatan pencegahan pada status 2	1	2	1	3
P3	Perawatan korektif pada status 4 dan perawatan pencegahan pada status 2 dan 3	1	2	2	3
P4	Perawatan korektif pada status 3 dan 4	1	1	3	3

Sumber : Assauri, 2004

dimana p0 adalah perawatan yang dilakukan oleh perusahaan, yang merupakan matrik awal, sedangkan p1, p2, p3, dan p4 adalah, usulan Perawatan yang di dapat dari perubahan pada matrik awal sesuai dengan tindakan yang dilakukan.

Matrik transisi satu langkah item – i yang merupakan pemeliharaan yang dilakukan oleh perusahaan yang terdapat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.6 Matrik probabilitas transisi awal

I \ J	1	2	3	4
1	P11	P12	P13	P14
2	0	P22	P23	P24
3	0	0	P33	P34
4	P41	0	0	0

Sumber : Assauri, 2004

A. Perencanaan pemeliharaan yang diusulkan

Untuk mendapatkan pemeliharaan yang lebih baik sehingga bisa mengurangi biaya pemeliharaan, maka diusulkan 4 perencanaan pemeliharaan mesin yang didapat dari perubahan matrik transisi awal. Dari 4 usulan tersebut yang akan dipilih adalah usulan yang mempunyai biaya rata-rata ekspektasi terkecil (Andrew, 2007)

1. Perawatan korektif pada status 4 dan pemeliharaan pencegahan pada status 3, Matrik transisinya sebagai berikut:

Tabel 2.7 Matrik transisi (P1)

P1=

I \ J	1	2	3	4
1	P11	P12	P13	P14
2	0	P22	P23	P24
3	0	1	0	0
4	1	0	0	0

Dengan menggunakan persamaan serta hasil matrik transisi tersebut, maka probabilitas status mesin-mesin dalam jangka panjang dan dalam keadaan mapan (*stadey state*) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\pi_1 \pi_2 \pi_3 \pi_4 \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ 0 & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4$$

$$\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1$$

Maka didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$\text{I} \quad P_{11} \pi_1 + \pi_4 = \pi_1$$

$$\text{II} \quad P_{12} \pi_1 + P_{22} \pi_2 + \pi_3 = \pi_2$$

$$\text{III} \quad P_{13} \pi_1 + P_{23} \pi_2 = \pi_3$$

$$\text{IV} \quad P_{14} \pi_1 + P_{24} \pi_2 = \pi_4$$

$$\text{V} \quad \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1$$

2. Perawatan korektif pada status 3 dan perawatan pencegahan pada status

2, Matrik transisinya sebagai berikut:

Tabel 2.8 Matrik transisi (P2)

P2=		J	1	2	3	4
	I					
	1	P11	P12	P13	P14	
	2	1	0	0	0	
	3	0	0	P33	P34	
4	1	0	0	0		

Dengan menggunakan persamaan serta hasil matrik transisi tersebut, maka probabilitas status mesin-mesin dalam jangka panjang dan dalam keadaan mapan (*stadey state*) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\pi_1 \pi_2 \pi_3 \pi_4 \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_{33} & P_{34} \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4$$

$$\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1$$

Maka didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$\text{I} \quad P_{11} \pi_1 + 1 \pi_2 + \quad + 1 \pi_4 = \pi_1$$

$$\text{II} \quad P_{12} \pi_1 + \quad = \pi_2$$

$$\text{III} \quad P_{13} \pi_1 + \quad + P_{33} \pi_3 + P_{34} \pi_4 = \pi_3$$

$$\text{IV} \quad P_{14} \pi_1 + \quad = \pi_4$$

$$\text{V} \quad \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1$$

3. Perawatan korektif pada status 4 dan perawatan pencegahan pada status 2 dan 3, matrik transisinya sebagai berikut:

Tabel 2.9 Matrik transisi (P3)

P3=	J	1	2	3	4
	I	1	2	3	4
	1	P11	P12	P13	P14
	2	1	0	0	0
	3	0	1	0	0
4	1	0	0	0	

Dengan menggunakan persamaan serta hasil matrik transisi tersebut, maka probabilitas status mesin-mesin dalam jangka panjang dan dalam keadaan mapan (*stadey state*) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\pi_1 \pi_2 \pi_3 \pi_4 \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4$$

$$\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1$$

Maka didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$\text{I} \quad P_{11}\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = \pi_1$$

$$\text{II} \quad P_{12}\pi_1 = \pi_2$$

$$\text{III} \quad P_{13}\pi_1 = \pi_3$$

$$\text{IV} \quad P_{14}\pi_1 = \pi_4$$

$$\text{V} \quad \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1$$

4. Perawatan korektif pada status 3 dan 4, matrik transisinya sebagai berikut:

Tabel 2.10 Matrik transisi (P4)

P4=

	J	1	2	3	4
I	1	P11	P12	P13	P14
2	0	P22	P23	P24	
3	1	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0

Dengan menggunakan persamaan serta hasil matrik transisi tersebut, maka probabilitas status mesin-mesin dalam jangka panjang dan dalam keadaan mapan (*stadey state*) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\pi_1 \pi_2 \pi_3 \pi_4 \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ 0 & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4$$

$$\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1$$

Maka didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$\text{I} \quad P_{11}\pi_1 + \pi_2 = \pi_1$$

$$\text{II} \quad P_{12}\pi_1 + \pi_3 = \pi_2$$

$$\text{III} \quad P_{13}\pi_1 + \pi_4 = \pi_3$$

$$\text{IV} \quad P_{14}\pi_1 + P_{24}\pi_2 + P_{34}\pi_4 = \pi_4$$

$$\text{V} \quad \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1$$

2.5 Analisa Biaya

Penentuan biaya perawatan meliputi, biaya perawatan pencegahan dan perawatan korektif yang dilakukan pada saat mesin berhenti dan hanya menitik beratkan pada biaya downtime yang terjadi. Dengan membuat perencanaan atau jadwal perawatan korektif dapat ditekan, sehingga mengurangi biaya down time, hal inilah yang menjadi tujuan utama dari optimasi sistim perawatan.

Untuk menentukan model yang akan digunakan dalam menentukan besarnya biaya perawatandan besarnya biaya yang hilang akibat adanya down time maka

perlu dijelaskan mengenai biaya-biaya yang timbul akibat ada dan tidaknya perencanaan perawatan.

2.5.1 Biaya Down Time

Biaya down time adalah biaya yang diakibatkan oleh sistem yang tidak memproduksi, Elemen-elemen biaya yang menentukan biaya down time adalah biaya operator mesin, hilangnya sebagian output produktif atau umumnya dinyatakan dalam profit persatuan waktu yang hilang.

2.5.2 Biaya Penyelenggaraan Perawatan Pencegahan (Preventif)

Biaya yang dikeluarkan setiap kali melakukan perawatan dan perbaikan disebut biaya penyelenggaraan perawatan, dimana biaya tadi tergantung pada jumlah item yang diperiksa atau diperbaiki. Faktor utama yang menentukan biaya penyelenggaraan perawatan periodik ada jam produksi yang dikorbankan, oleh karena itu biaya penyelenggaraan ditetapkan sebagai jumlah biaya down time yang timbul karena perawatan pencegahan, jika biaya perawatan pencegahan item-i dilambangkan dengan Cij maka dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$C_{ij} = \left(\begin{array}{l} \text{waktu rata-rata} \\ \text{perawatan} \end{array} \times \text{Biaya down time per jam} \right)$$

2.5.3 Biaya Perawatan Korektif (Kerusakan)

Biaya ini timbul karena adanya kerusakan pada suatu mesin yang pada awalnya mesin beroperasi dengan lancar tetapi tiba-tiba terhenti karena adanya kerusakan, yang dimana sistem atau mesin tidak bisa menghasilkan output, hal ini menyebabkan adanya biaya tambahan untuk perawatan korektif tetapi apabila diadakan perawatan rutin yang terjadwal, maka kerusakan bisa dicegah dan

diminimalisir. Jika biaya perawatan korektif ini dilambangkan dengan $C2i$ untuk setiap item- i , maka dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\left(C2i = \text{Waktu rata-rata kerusakan} \times \text{biaya down time per jam} \right)$$

2.5.4 Biaya Ekspetasi

Berdasarkan pada biaya-biaya perawatan pencegahan dan perawatan korektif maka akan mendapatkan biaya-biaya perawatan untuk masing-masing item dan apabila dikalikan dengan probabilitas status dalam keadaan mapan atau *steady state* pada jangka panjang maka akan didapat ekspetasi biaya (biaya rata-rata yang diharapkan) untuk masing-masing perawata, dan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$E = \sum_{i=1}^m C_{ik} \pi_i$$

2.5.5 Biaya Perawatan

Sebelum menghitung semua biaya perawatan masing-masing item, perlu diketahui dulu waktu rata-rata perawatan pencegahan dan waktu rata-rata perawatan korektif dan waktu rata-rata perbaikan mesin-mesin, dimana jumlah waktu perawatan pencegahan dilambangkan dengan $\sum w1i$ dan jumlah waktu rata-rata perawatan korektif pertahun dilambangkan dengan $\sum w2i$.

biaya perawatan yang dapat dihitung sebagai berikut:

- a) Biaya perawatan pencegahan Preventif ($C1i$)
- b) Biaya perawatan korektif ($C2i$)
- c) Biaya rata-rata ekspetasi

$$E = \sum_{i=1}^m C_{ik} \pi_i$$

Keterangan:

π_1 : Probabilitas status pada jangka panjang dan steady state

cik : Biaya ekspektasi yang diadakan pada transisi selanjutnya jika sistem dalam keadaan I dan keputusan K dibuat.

2.6 Tools yang Digunakan

Dalam melakukan perbaikan secara terus-meneru, ada beberapa tools yang digunakan, antara lain:

A. 5Why Analisis

Five why analisis adalah suatu metode untuk menemukan akar dari permasalahan. Biasanya yang nampak adalah gejala-gejala bukanlah masalah sebenarnya.

B. Lembar isian

Lembar isian merupakan alat bantu untuk memudahkan proses pengumpulan data. Bentuk dan isinya disesuaikan dengan kebutuhan maupun kondisi kerja yang ada. Didalam pengumpulan data maka data harus diambil sesuai dengan kebutuhan analisis dalam arti bahwa data harus:

- jelas, tepat dan mencerminkan fakta.
- Dikumpulkan berdasarkan cara yang benar, hati-hati dan teliti

C. Fishbone- Cause & Effect

Fishbone berguna untuk menganalisa dan menemukan faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan didalam menentukan karakteristik kualitas output kerja. Disamping itu untuk menentukan penyebab-penyebab sesungguhnya dari suatu masalah.

Ada 5 faktor penyebab utama yang signifikan dan perlu diperhatikan yaitu:

- Manusia (man)
- Metode kerja (work method)
- Mesin atau peralatan kerja lainnya (machine/equipment)
- Bahan baku (raw materials)
- Lingkungan kerja (work environment)

D. Penelitian Sebelumnya

Banyak penelitian baik dari jurnal maupun skripsi yang membahas tentang perencanaan pemeliharaan dengan menggunakan metode markov chain, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Rudi Tri Hartanto, Program Studi Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta (Jurnal)

Berjudul : Perencanaan pemeliharaan mesin pompa gilingan saus dengan metode markov chain untuk minimasi biaya pemeliharaan (studi kasus : PT. Lombok gandaria, unit maintenance) (2014).

Mesin yang digunakan pada lini produksi saus yakni mesin pompa gilingan saus yang berfungsi untuk menyalurkan bahan baku dari proses satu ke proses selanjutnya. Masalah yang terjadi adanya intensitas kerusakan yang tinggi, perawatan pencegahan menjadi pilihan utama dalam mengatasi masalah tersebut.

Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa komponen seal pada mesin pompa gilingan saus merupakan komponen yang paling sering mengalami kerusakan karena faktor komponen aus, cairan saus panas dan

beban kerja pompa. Waktu pemeliharaan mesin pompa gilingan saus yang baik dilakukan setiap 1 bulan yang didasarkan pada kondisi mesin pompa yang beroperasi setiap hari kerja dan berhenti saat libur kerja. Perawatan korektif status agak berat menjadi perawatan yang baik dan tepat untuk mesin pompa gilingan saus, perubahan biaya perawatan usulan yang terjadi pada mesin pompa gilingan saus adalah Rp. 11.490 sehingga dihasilkan penghematan sebesar Rp. 23.897.

2. Much. Djunaidi dan Eko Bakdiyono, Jurusan Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Surakarta (Jurnal Ilmiah Teknik Industri, Vol. 11, No. 2, Des 2012)

Berjudul : Minimasi biaya perawatan dengan menggunakan metode *preventive maintenance policy* (2012).

Studi kasus dalam penelitian ini diambil di perusahaan tekstil PT. Primatexco Indonesia dengan produk benang tenun, kain, printing dan waste. Pembahasan difokuskan pada alternatif jadwal perbaikan dengan biaya terkecil untuk komponen mesin bowling. Dengan menghitung biaya perawatan untuk *repair policy* dan dibandingkan dengan biaya *preventive maintenance policy*, maka akan didapat jadwal perbaikan yang optimal.

Adapun usulan kegiatan *preventive maintenance* pada mesin yang dimaksud meliputi, penjadwalan perawatan dan tindakan antisipasi yang cepat apabila terdapat tanda-tanda yang memungkinkan adanya kerusakan *sparepart* mesin, serta dilakukan inspeksi dan penggantian komponen yang rusak jika ditemukan pada saat inspeksi.

Dari hasil perhitungan diusulkan jadwal perawatan mengikuti kebijakan repair untuk kerusakan komponen klasifikasi A. Untuk kerusakan komponen klasifikasi B diterapkan kebijakan *preventive maintenance* setiap 5 bulan, dan untuk kerusakan komponen klasifikasi C diterapkan kebijakan *preventive maintenance* setiap 7 bulan.

3. Rochmoeljati, Prodi Teknik Industri, FTI - UPNV Jatim (Jurnal)

Berjudul : Perencanaan perawatan mesin menggunakan metode markov chain untuk meminimumkan biaya perawatan (2010).

Penelitian ini dilakukan di CV. SURYA ELECTRICAL yang merupakan produsen panel listrik, apabila terjadi kerusakan CV. SURYA ELECTRICAL harus menghentikan proses produksi untuk sementara waktu dan kemudian melakukan perbaikan mesin rusak terlebih dahulu. Adanya masalah tersebut maka dilakukan perencanaan pemeliharaan mesin produksi menggunakan metode markov chain dengan tujuan meminimumkan biaya perawatan. Pemeliharaan yang dilakukan CV. SURYA ELECTRICAL yaitu perbaikan pada saat mesin mengalami rusak sedang dan rusak berat, serta melakukan pemeliharaan saat mesin mengalami rusak ringan.

Adapun biaya ekspektasi dan penghematan tiap mesin yang didapat oleh perusahaan adalah :

Mesin Potong, biaya ekspektasi usulan termurah adalah Rp. 5.000.030, sehingga diperoleh penghematan sebesar Rp. 6.190.037 atau 55% dari biaya pemeliharaan perusahaan saat ini.

Mesin Tekuk, biaya ekspektasi usulan termurah pertahun adalah Rp. 4.254.010 sehingga diperoleh penghematan sebesar Rp. 2.447.442 atau 36% dari biaya pemeliharaan perusahaan saat ini.

Mesin Plong, biaya ekspektasi usulan termurah pertahun adalah Rp. 1.437.828 sehingga diperoleh penghematan sebesar Rp. 2.782.404 atau 29.5% dari biaya pemeliharaan perusahaan saat ini.