

**ANALISIS KEBIJAKAN MANAJEMEN PEMELIHARAAN DAN PEREMAJAAN
MESIN DENGAN MENGGUNAKAN METODE *MARKOV CHAIN* DAN
THERBOG'H MODEL DI DRUM PLANT AREA PT PERTAMINA (PERSERO) UP
IV CILACAP**



GALIH CHRISSETYO
NIM.I. 0302031

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS SEBELAS MARET SURAKARTA
2006**

DAFTAR ISI

BAB I	PENDAHULUAN.....	I-1
1.1	Latar Belakang.....	I-1
1.2	Perumusan Masalah.....	I-4
1.3	Tujuan Penelitian.....	I-4
1.4	Manfaat Penelitian.....	I-5
1.5	Pembatasan Masalah.....	I-5
1.6	Asumsi-asumsi.....	I-5
1.7	Sistematika Penulisan.....	I-6
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
2.1	Pengertian Pemeliharaan.....	II-1
2.2	Tujuan Pemeliharaan.....	II-2
2.3	Tugas-tugas Pemeliharaan.....	II-3
2.4	Syarat-syarat Pemeliharaan Agar Efisien.....	II-3
2.5	Jenis Pemeliharaan.....	II-4
2.5.1	Pemeliharaan Korektif.....	II-4
2.5.2	Pemeliharaan Preventif.....	II-4
2.6	Masalah Efisiensi Dalam Pemeliharaan.....	II-5
2.7	Pemeliharaan Preventif Versus Pemeliharaan Korektif.....	II-6
2.8	Klasifikasi Kondisi Kerusakan.....	II-7
2.9	Pengertian Teori keandalan.....	II-8
2.9.1	Kurva dan fungsi laju Kerusakan.....	II-8
2.10	Kebijakan Pembelian dan Penggantian Mesin.....	II-10
2.11	Beberapa Konsep Dasar dalam Analisa penggantian.....	II-11
2.12	Proses Rantai Markov.....	II-14
2.12.1	Pendekatan Rantai <i>Markov</i>	II-15
2.12.2	Penaksiran Parameter <i>Markov</i>	II-17
2.12.3	Kegunaan Probabilitas dan Keputusan <i>Markov</i>	II-18
2.12.4	Perencanaan Perawatan.....	II-20
2.12.5	Matrik Biaya.....	II-22
2.12.6	Analisis Biaya.....	II-23
2.12.7	Perhitungan Umur Pemakaian <i>Sparepart</i>	II-25
2.12.8	Perhitungan Persediaan <i>Sparepart</i>	II-25
2.13	Sistem produksi dan Pemeliharaan di Unit Pabrikasi Aspal PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap.....	II-26
2.14	Jenis Mesin dan Fungsinya.....	II-27
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	III-1
3.1	Tahap Identifikasi masalah.....	III-3
3.1.1	Latar Belakang.....	III-3
3.1.2	Perumusan Masalah.....	III-3

3.1.3	Tujuan dan Manfaat penelitian.....	III-4
3.1.4	Tinjauan lapangan dan Tinjauan Pustaka.....	III-4
3.2	Pengumpulan Data.....	III-4
3.3	Pengolahan Data.....	III-5
3.3	Tahap Analisa Hasil dan Pembahasan.....	III-8
3.4	Tahap Kesimpulan dan saran.....	III-9
BAB IV	PENGUMPULAN DAN PEGOLAHAN DATA.....	IV-1
4.1	Pengumpulan Data.....	IV-1
4.2	Pengolahan Data.....	IV-10
4.2.1	Tingkat Kekritisn Mesin dan Perhitungan <i>Lost Revenue</i>	IV-10
4.2.2.	Identifikasi Karakteristik Sistem Produksi dan Pemeliharaan yang Ada di Perusahaan.....	IV-14
4.2.3	Perhitungan Kebijakan preventif korektif dengan menggunakan metode Markov.....	IV-15
4.2.4	Perhitungan Probabilitas Transisi.....	IV-15
4.2.5	Alternatif Perencanaan Kebijakan Pemeliharaan.....	IV-19
4.2.6	Probabilitas Stasioner Kondisi Awal Mesin.....	IV-28
4.2.7	Probabilitas Stasioner Delapan Alternatif Kebijakan Pemeliharaan.....	IV-30
4.2.8	Perhitungan Biaya Ekspektasi Delapan Kebijakan Pemeliharaan.....	IV-41
4.2.9	Parameter Laju Kerusakan.....	IV-44
4.2.10	Analisa Peremajaan Mesin Dengan Metode George Terbogh's (<i>Terbogh' model</i>).....	IV-49
BAB V	ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL.....	V-1
5.1	Analisis Perhitungan Revenue dan Margin Produksi yang Hilang Akibat Kerusakan Mesin.....	V-1
5.2	Analisis Manajemen Kebijakan Pemeliharaan Preventif Korektif dengan menggunakan Metode <i>Markov Chain</i>	V-1
5.3	Analisis Manajemen Kebijakan Peremajaan Mesin dengan Menggunakan Metode <i>Therbogh'h Model</i>	V-7
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN.....	VI-1
6.1	Kesimpulan.....	VI-1
6.2	Saran.....	VI-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Gambar mesin dan aktivitas *drum plant*

Lampiran 2 : Perhitungan depresiasi

Lampiran 3 : Matrik alternatif

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Rancangan pengamatan.....	II-17
Tabel 2.2	Kondisi mesin.....	II-18
Tabel 2.3	Keputusan yang diambil dalam perawatan.....	II-18
Tabel 2.4	Probabilitas transisi.....	II-19
Tabel 2.5	Perawatan korektif pada status 3 dan 4.....	II-20
Tabel 2.6	Perawatan korektif pada status 4 dan preventif 3.....	II-20
Tabel 2.7	Perawatan korektif pada status 3,4 dan perawatan preventif pada status 2.....	II-21
Tabel 2.8	Perawatan korektif pada status 4 dan perawatan preventif pada status 2,3.....	II-21
Tabel 2.9	Ukuran <i>drum plant</i>	II-27
Tabel 4.1	Data <i>downtime</i> mesin periode Januari 2005-April 2006.....	IV-2
Tabel 4.2	Data produksi aspal Januari 2005-April 2006	IV-3
Tabel 4.3	Data Harga Awal Pembelian Mesin Pada Tahun 1976.....	IV-4
Tabel 4.4	<i>State</i> Kondisi Mesin.....	IV-5
Tabel 4.5	Tindakan yang diambil dalam nilai mesin <i>Seam Welder</i>	IV-6
Tabel 4.6	Data Perubahan Status Mesin Kuartal 1 dan II.....	IV-7
Tabel 4.7	Data Perubahan Status Mesin Kuartal III dan IV.....	IV-8
Tabel 4.8	Perhitungan <i>Revenue</i> produksi.....	IV-13
Tabel 4.9	Probabilitas Transisi mesin <i>Seam Welder</i> Kuartal I dan II.....	IV-16
Tabel 4.10	Probabilitas Transisi mesin <i>Seam Welder</i> Kuartal III dan IV....	IV-17
Tabel 4.11	Probabilitas Transisi Total Mesin <i>Seam Welder</i>	IV-18
Tabel 4.12	Matriks transisi mesin <i>Seam Welder</i>	IV-18
Tabel 4.13	Tindakan Pemeliharaan.....	IV-20
Tabel 4.14	Alternatif kebijakan pemeliharaan.....	IV-21
		IV-19
Tabel 4.15	Tindakan Pemeliharaan.....	IV-22
Tabel 4.16	Pemeliharaan preventif pada status 1, 2, 3.....	IV-22
Tabel 4.17	Tindakan Pemeliharaan.....	IV-23
Tabel 4.18	Pemeliharaan preventif pada status 2 dan status 3.....	IV-23
Tabel 4.19	Tindakan Pemeliharaan.....	IV-23
Tabel 4.20	Pemeliharaan korektif pada status 3 dan 4.....	IV-24
Tabel 4.21	Tindakan Pemeliharaan.....	IV-24

Tabel 4.22	Pemeliharaan korektif pada status 4 dan preventif 2	IV-24
Tabel 4.23	Tindakan Pemeliharaan.....	IV-25
Tabel 4.24	Korektif pada status 4 dan preventif pada status 3.....	IV-25
Tabel 4.25	Tindakan Pemeliharaan.....	IV-25
Tabel 4.26	Pemeliharaan korektif pada status 3 dan preventif status 2.....	IV-26
Tabel 4.27	Tindakan Pemeliharaan.....	IV-26
Tabel 4.28	Pemeliharaan korektif pada status 4 dan preventif 2,3.....	IV-26
Tabel 4.29	Tindakan Pemeliharaan.....	IV-27
Tabel 4.30	Pemeliharaan korektif pada status 3,4 dan preventif status 2	IV-27
Tabel 4.31	Waktu <i>Downtime</i> mesin <i>Seam Welder</i>	IV-41
Tabel 4.32	Biaya Ekspektasi Tindakan Pemeliharaan.....	IV-43
Tabel 4.33	Data Kerusakan mesin <i>Seam Welder</i>	IV-45
Tabel 4.34	Data Umur Pemakaian <i>Upper and lower</i>	IV-47
Tabel 4.35	Data mesin lama <i>Seam Welder</i>	IV-49
Tabel 4.36	Data nilai mesin <i>Seam Welder</i>	IV-50
Tabel 4.37	Perhitungan biaya total mesin lama.....	IV-52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Keseimbangan biaya-biaya dalam pemeliharaan.	II-6
Gambar 2.2	<i>Bathub curve</i>	II-9
Gambar 2.3	EUAC <i>Defender</i> dan <i>challenger</i>	II-11
Gambar 2.4	grafik EUAC	II-13
Gambar 2.5	Skema himpunan tertutup	II-19
Gambar 2.6	Gambar perolehan dan pengolahan aspal	II-26
Gambar 2.7	Gambar Penyaluran Produk Aspal	II-26
Gambar 3.1	Metodologi Penelitian	III-1
Gambar 4.1	Diagram Pareto Data <i>Downtime</i> Mesin <i>Drum Plant</i>	IV-10
Gambar 4.2	<i>Layout</i> Mesin <i>Drum Plant</i>	IV-11

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan diuraikan latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta batasan yang digunakan, asumsi dan sistematika penulisan. Penjelasan yang mendasari penelitian akan dijelaskan secara terperinci dalam sub bab-sub bab di bawah ini.

1.1 LATAR BELAKANG

Pemeliharaan merupakan suatu fungsi dalam suatu perusahaan yang sama pentingnya dengan fungsi-fungsi lain seperti produksi, *quality control* dll. Monks (1998) mengartikan bahwa pemeliharaan merupakan bagian kegiatan yang dirancang untuk menjaga agar peralatan atau aset lain senantiasa dalam kondisi kerja. Penentuan kebijakan pemeliharaan yang dapat dilakukan oleh suatu perusahaan terdiri dari dua alternatif yaitu pemeliharaan preventif (*preventive maintenance*) dan perbaikan atau dapat disebut pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*). Pemeliharaan preventif adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga pada mesin dan menemukan keadaan yang dapat menyebabkan mesin mengalami kerusakan ketika digunakan dalam proses operasional. Pemeliharaan korektif adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan pada mesin yang meliputi kegiatan mereparasi, memperbaiki atau mengganti setelah terjadinya kerusakan. Maksud utama dilakukan pemeliharaan adalah agar kerusakan yang menyebabkan terganggunya bahkan terhentinya proses produksi dapat dihindari. Sedangkan bila pemeliharaan yang dilakukan kurang memadai maka akan menciptakan kondisi mesin yang tidak dalam kondisi terbaik. Lebih jauh, kurang memadainya pemeliharaan yang dilakukan memungkinkan terjadinya kerusakan yang berakibat mesin tidak dapat beroperasi.

Dengan demikian, kegiatan pemeliharaan yang baik akan mendorong terciptanya kontinuitas kegiatan operasional perusahaan, sebaliknya pemeliharaan yang kurang baik akan berdampak pada terganggunya aktivitas perusahaan tersebut.

Apabila penerapan kebijakan pemeliharaan baik preventif maupun korektif dibandingkan dengan penerapan kebijakan peremajaan dan penggantian mesin menimbulkan biaya yang lebih besar, perusahaan ada baiknya mulai memikirkan penerapan kebijakan peremajaan dan penggantian mesin terhadap mesin-mesin yang ada sebagai langkah investasi perusahaan apabila tidak menguntungkan mempertahankan mesin lama.

Dalam pelaksanaan kegiatan pemeliharaan perlu diperhatikan adanya persoalan ekonomis yang dihadapi perusahaan yaitu tentang bagaimana usaha yang harus dilakukan agar kegiatan pemeliharaan yang dibutuhkan secara teknis dapat efisien. Dengan memperhatikan besarnya biaya yang terjadi akan dapat dipilih alternatif tindakan yang dapat menguntungkan perusahaan.

PT Pertamina (Persero) UP IV yang berlokasi di Cilacap merupakan Badan Usaha Milik Negara yang bergerak di bidang minyak bumi, dimana salah satu hasil produknya adalah aspal. Kilang Pertamina UP IV Cilacap merupakan kilang satu-satunya yang menghasilkan aspal di Indonesia dari banyak kilang unit pengolahan lain yang tersebar di seluruh Indonesia. Adapun jenis aspal yang dihasilkan UP IV yaitu Pen 60/70 dan Pen 80/100 yang merupakan standar penetrasi aspal yang diproduksi pada unit *drum plant* area. Unit Produksi ini mulai beroperasi dari tahun 1976 sampai sekarang (tahun 2006), sehingga sudah 30 tahun unit ini telah memproduksi. Pada waktu mesin berjalan normal, maka dapat tercapai target yang diharapkan yaitu sekitar 3000 drum/hari tetapi seiring terjadinya akumulasi penyusutan mesin maka kerusakan mesin sering terjadi pada kurun waktu 5 tahun terakhir sehingga sangat mengganggu pemenuhan kebutuhan pasokan aspal nasional maupun kuota untuk ekspor, yang saat ini hanya dapat menghasilkan rata-rata 1935 drum/hari. Dari segi ekonomi pun perusahaan akan dirugikan karena perusahaan akan kehilangan pendapatan yang seharusnya diperoleh oleh perusahaan.

Mesin-mesin yang ada di *drum plant* area terdiri dari 13 jenis mesin, dengan 2 pasang mesin untuk tiap-tiap jenis mesin. Aliran produksinya adalah bersifat *flowshop*, sehingga apabila salah satu mesin rusak maka dapat mengganggu keseimbangan produksi bahkan jika mesin sejenis semuanya mengalami kerusakan produksi *drum plant* dapat terhenti. Selama periode januari 2005 sampai april 2006 *downtime* terbesar mesin *drum plant* terjadi pada mesin *seam welder* yang berfungsi untuk menyatukan atau mengelas kedua sisi drum yaitu selama 339 jam.

Keadaan mesin dapat diklasifikasikan menjadi empat kondisi status mesin yaitu status satu yang merupakan kondisi baik, status dua kondisi rusak ringan, status tiga kondisi rusak sedang, status empat kondisi rusak berat. Sistem pemeliharaan yang dilakukan oleh PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap adalah pada mesin yang ada dalam keadaan status empat sehingga apabila mesin belum berhenti beroperasi, meskipun ada kerusakan ringan atau sedang mesin tetap berjalan untuk mengejar target produksi. Hal ini berakibat keseimbangan produksi terganggu bahkan dapat menyebabkan terhentinya proses produksi. Dalam sistem pemeliharaan, perusahaan sebenarnya telah menerapkan inspeksi terhadap mesin-mesin yang ada di area *drum plant* untuk menentukan perubahan status mesin yang terjadi, walaupun diketahui terdapat kerusakan ringan ataupun sedang tetapi tindakan perawatan yang diambil perusahaan masih belum *signifikan*.

Hillier (1990) mengembangkan model penyelesaian pemeliharaan dengan menggunakan metode *markov chain*. Pada metode ini ada beberapa asumsi untuk dapat menggunakan model ini yaitu adanya inspeksi untuk menentukan *state* mesin diakhir periode dan tindakan pemeliharaan yang akan diambil untuk mengatasi kerusakan yang terjadi apabila hasil dari inspeksi menunjukkan terjadinya suatu kerusakan. Ehad menipaz (1985) menggolongkan inspeksi menjadi inspeksi pada interval waktu yang pendek seperti perminyakan dan pembersihan, inspeksi periodik dengan waktu yang sudah ditentukan serta inspeksi dengan waktu yang tidak diketahui. Pada model *markov chain* ini, inspeksi yang dimaksud adalah inspeksi periodik. Asumsi lain model ini adalah waktu yang digunakan untuk melakukan

perbaikan menyebabkan mesin berhenti selama satu periode. Berdasarkan model *markov chain* tersebut maka permasalahan pemeliharaan di PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap dapat diselesaikan yaitu dalam menentukan kebijakan terbaik, apakah kebijakan preventif ataukah kebijakan korektif yang sebaiknya dilakukan perusahaan tetapi apabila penerapan kebijakan baik preventif maupun korektif dibandingkan dengan penerapan kebijakan peremajaan dan penggantian mesin menimbulkan biaya yang lebih besar, perusahaan ada baiknya mulai memikirkan penerapan kebijakan peremajaan dan penggantian mesin.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas, maka permasalahan yang akan dibahas adalah bagaimana menentukan kebijakan pemeliharaan yang sebaiknya diterapkan oleh perusahaan dan kapan sebaiknya diterapkan kebijakan peremajaan dan penggantian terhadap mesin-mesin yang ada sebagai langkah investasi perusahaan apabila tidak menguntungkan mempertahankan mesin lama.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan diatas, dapat ditetapkan tujuan dilaksanakannya penelitian. Adapun tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi usulan kebijakan pemeliharaan yang tepat pada mesin *seam welder*.
2. Mengidentifikasi pengaruh kerusakan mesin *drum plant* terhadap kontribusi pendapatan perusahaan.
3. Menganalisis waktu yang tepat dalam penerapan kebijakan peremajaan dan penggantian terhadap mesin-mesin yang ada sebagai langkah investasi perusahaan apabila tidak menguntungkan mempertahankan mesin lama.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Dengan diadakannya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat nyata yaitu :

1. Memberikan usulan kebijakan pemeliharaan yang tepat sehingga pemborosan biaya dapat dikurangi.
2. Perusahaan akan mengetahui pengaruh kerusakan mesin terhadap kontribusi pendapatan perusahaan.
3. Sebagai bahan pertimbangan bagi perusahaan untuk kebijakan pembelian dan penggantian mesin apabila ternyata kebijakan pemeliharaan mesin lama tidak menguntungkan dibandingkan dengan investasi mesin baru.

1.5 PEMBATASAN MASALAH

Batasan masalah dari penelitian mengenai analisis kebijakan manajemen perawatan dan peremajaan mesin sebagai berikut :

1. Kerusakan pada mesin adalah kerusakan yang menyebabkan mesin berhenti beroperasi.
2. Penelitian ini ditujukan pada jenis mesin yang paling banyak mengalami kerusakan berdasarkan data *downtime* mesin.
3. Perhitungan biaya untuk *preventif* dan *corrective* hanya berdasarkan pada biaya *downtime* yang terjadi pada saat dilakukan perawatan.
4. Data yang digunakan yaitu data produksi aspal, data *downtime* kerusakan mesin, data mesin yang mengalami perubahan status diambil dalam periode Januari 2005-April 2006.

1.6 ASUMSI

Asumsi-asumsi yang digunakan pada penelitian analisis kebijakan manajemen perawatan dan peremajaan mesin untuk mendekati segi teoritis dengan kondisi sebenarnya yaitu :

1. Harga aspal pertamina adalah US\$ 87.77 per drum (bulan April 2006).

2. Asumsi 1 US\$ Rp 9000,00 (nilai rupiah bulan April 2006).
3. Suku cadang mesin yang dipakai perusahaan adalah suku cadang original.
4. Perbaikan yang dilakukan menyebabkan mesin kembali ke status normal atau status 1.
5. Dasar pengambilan keputusan kebijakan pemeliharaan alternatif adalah kebijakan pemeliharaan yang mempunyai biaya terkecil.

1.7 SISTEMATIKA PENULISAN

Pembahasan masalah dalam tugas akhir ini secara ringkas dapat diuraikan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN.

Bab pertama ini memuat latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah yang berfungsi untuk membatasi laporan agar tidak terlalu luas dan menentukan secara spesifik area pembahasan yang akan dilakukan, dan sistematika penulisan yang berisi urutan penulisan bab dalam laporan tugas akhir ini.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA.

Bab ini berisi mengenai dasar-dasar teori, gambaran perusahaan dan model *markov chain* serta *therbog'h model* yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN.

Bab ini berisi langkah-langkah penyelesaian masalah secara umum (gambaran terstruktur tahap demi tahap proses penyelesaian masalah yang digambarkan dalam bentuk *flowchart*). Bab ini juga berisi mengenai kerangka pemikiran dari penelitian yang memuat tahap-tahap penelitian mulai dari tahap identifikasi permasalahan awal, tahap pengumpulan dan pengolahan data dengan menggunakan metode *Markov chain* dan *Therbog'h model*, Tahap analisis serta interpretasi hasil dilanjutkan tahap kesimpulan dan saran.

BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.

Bab ini berisi pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini serta pengolahan data. Pada bab ini juga dijelaskan langkah-langkah penyelesaian dalam pengolahan data tersebut.

BAB V : ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Bab ini berisi interpretasi dari hasil pengolahan data, baik data primer maupun data sekunder serta membandingkan terhadap tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN.

Bab ini berisi kesimpulan hasil dari pengolahan data dan saran-saran yang diperlukan untuk penelitian selanjutnya demi terwujudnya hasil yang lebih baik.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini, diuraikan teori-teori yang akan digunakan sebagai acuan dan penunjang penelitian mengenai konsep kebijakan perawatan preventif, korektif dan konsep *markov chain* serta *therbog'h model*. Konsep-konsep yang digunakan dalam penelitian ini akan dijelaskan dalam sub bab-sub bab dibawah ini.

2.1 PENGERTIAN PEMELIHARAAN

Joel levitt (2003) mengartikan *preventif maintenance* sebagai suatu *scenario* dalam meneliti titik pemakaian kritis sehingga *breakdown* dapat ditunda selama mungkin. Secara umum Pemeliharaan merupakan suatu fungsi dalam suatu perusahaan yang sama pentingnya dengan fungsi-fungsi lain seperti produksi. Apabila perusahaan memiliki fasilitas atau peralatan, maka biasanya fasilitas tersebut berusaha untuk tetap digunakan. Demikian pula halnya dengan perusahaan, dimana pimpinan perusahaan tersebut akan selalu berusaha agar fasilitas atau peralatan

produksinya dapat berjalan lancar. Pemeliharaan menurut Assauri (1993) dapat diartikan sebagai kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas pabrik dan mengadakan perbaikan atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

Monks (1998) mengartikan bahwa pemeliharaan merupakan bagian kegiatan yang dirancang untuk menjaga agar peralatan atau aset lain senantiasa dalam kondisi kerja. Joel Levitt (2003) merumuskan misi dari perawatan adalah menyediakan aset fisik yang mempunyai ketahanan dan dukungan yang sempurna untuk konsumen dalam rangka mengurangi dan mengeliminasi setiap servis perawatan. Dervisitos (1984) mengartikan bahwa pemeliharaan efektif adalah kegiatan untuk menjaga sistem produksi dalam kondisi operasi yang optimum sehingga dapat memenuhi permintaan produk yang diharapkan pada harga minimum. Dervisitos juga menjelaskan bahwa pemeliharaan tidak terbatas pada perangkat keras saja seperti peralatan fisik dan sumber daya manusia tetapi meliputi perangkat lunak seperti metode-metode yang dirancang untuk memonitor seluruh sistem operasi kegiatan lain. Jadi dengan adanya kegiatan pemeliharaan ini, maka peralatan dapat digunakan untuk operasi sesuai dengan rencana, karena kemungkinan-kemungkinan kemacetan yang disebabkan tidak baiknya beberapa fasilitas atau peralatan produksi telah dihilangkan atau dikurangi.

2.2 TUJUAN PEMELIHARAAN

Assauri (1993) menyatakan bahwa tujuan utama dan fungsi pemeliharaan ini adalah:

1. Kemampuan berproduksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksinya.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
3. Mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan pemeliharaan secara efektif dan efisien secara keseluruhan.

4. Membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan di luar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan mengenai investasi tersebut.
5. Menghindari kegiatan pemeliharaan yang dapat membahayakan keselamatan para pekerja.
6. Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dan suatu perusahaan dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan yaitu tingkat keuntungan atau *return on investment* yang sebaik mungkin dan total biaya pengeluaran yang rendah.

2.3 TUGAS- TUGAS PEMELIHARAAN

Menurut Assauri (1993) tugas-tugas atau kegiatan dan pemeliharaan dapat digolongkan ke dalam salah satu dari lima pokok yaitu :

1. Inspeksi (*inspection*).

Kegiatan inspeksi meliputi kegiatan pengecekan atau pemeriksaan terhadap peralatan yang mengalami kerusakan dan membuat laporan-laporan dari hasil pengecekan atau pemeriksaan tersebut. Jika terdapat kerusakan, maka dapat segera diadakan perbaikan-perbaikan yang diperlukan sesuai dengan laporan hasil inspeksi, dan berusaha untuk mencegah sebab-sebab timbulnya kerusakan dengan melihat sebab-sebab kerusakan yang diperoleh dan hasil inspeksi.

Ada beberapa bentuk inspeksi dalam pemeliharaan (Ehud Manipas,1985) seperti tertulis di bawah ini yaitu :

- a. Pemeliharaan secara rutin, dalam interval waktu yang pendek seperti perminyakan, pembersihan dan pengecekan.
- b. Inspeksi periodik, melakukan pemeliharaan dengan waktu yang sudah ditentukan terhadap peralatan.
- c. Inspeksi dengan interval waktu yang tidak diketahui, yang dilakukan jika peralatan rusak karena suatu alasan.

2. Kegiatan teknik (*engineering*).
3. Kegiatan produksi (*production*).
4. Pekerjaan administrasi (*clerical work*).
5. Pemeliharaan bangunan (*housekeeping*).

2.4 SYARAT-SYARAT PEMELIHARAAN AGAR EFISIEN

Dalam pelaksanaan kegiatan pemeliharaan peralatan di suatu perusahaan, manajer bagian pemeliharaan harus memperhatikan enam prasyarat agar pekerjaan bagian pemeliharaan dapat efisien (Assauri, 1993). Adapun keenam prasyarat tersebut yaitu :

1. Harus ada data mengenai mesin dan peralatan yang dimiliki perusahaan.
2. Harus ada *planning* dan *scheduling*.
3. Harus ada surat perintah (*Work orders*) yang tertulis.
4. Harus ada persediaan suku cadang (*stores control*).
5. Harus ada catatan (*records*).
6. Harus ada laporan, pengawasan dan analisa (*reports, control and analysis*).

2.5 JENIS PEMELIHARAAN

Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan dalam suatu perusahaan atau pabrik dapat dibedakan atas dua macam yaitu pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*) dan pemeliharaan preventif (Assauri, 1993).

2.5.1 Pemeliharaan Korektif

Assauri (1993) menjelaskan pemeliharaan korektif sebagai kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah kerusakan pada fasilitas atau peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Kegiatan pemeliharaan korektif yang dilakukan sering disebut dengan kegiatan perbaikan atau reparasi. Maksud dan tindakan perbaikan ini adalah agar fasilitas atau peralatan tersebut dapat dipergunakan kembali dalam proses produksi, sehingga operasi atau proses produksi dapat berjalan dengan lancar.

Pemeliharaan korektif mencakup usaha-usaha untuk mengembalikan fasilitas dan peralatan dan kondisi *emergency* agar berada pada kondisi operasi yang dapat diterima, model alternatif pemeliharaan ini dipakai jika suatu komponen telah mengalami suatu kerusakan sehingga harus dilakukan perbaikan (Dervisitos, 1984).

2.5.2 Pemeliharaan Preventif

Pemeliharaan preventif adalah kegiatan pemeliharaan dan 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 (Assauri, 1993). Pemeliharaan preventif (Ehud Manipaz, 1984) dalam rangka mengurangi biaya meliputi pengurangan penundaan produksi yang disebabkan reparasi, perencanaan operasi pemeliharaan yang lebih baik, pengurangan tingkat penggantian mesin, pengurangan biaya-biaya pemeliharaan darurat dan meningkatkan keselamatan kerja.

Pemeliharaan preventif terdiri dari aktivitas yang dijalankan sebelum peralatan mengalami kerusakan, dengan maksud untuk menjaga kondisi operasi yang baik dan mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan pada suatu peralatan. Menurut Dilworts (1998) pemeliharaan preventif yaitu :

1. Inspeksi periodik dan pencatatan perawatan untuk menaksir kondisi fasilitas sehingga kerusakan terhadap fasilitas tersebut dapat dihindari.
2. Perminyakan yang tepat, pengecatan, pembersihan untuk memelihara kondisi operasi yang baik.
3. Servis periodik dan berulang-ulang, perbaikan, atau pemeriksaan, sehingga kerusakan tidak terjadi.
4. *Predictive maintenance* menggunakan sensor yang diinstal pada peralatan untuk menentukan performansi tentang tingkat penurunan kualitas dan kapan peralatan tersebut rusak. Dengan peringatan ini kebutuhan *parts* makin mudah didapat dan mesin akan diperbaiki sesuai jadwal.

Menurut Assauri (1993) pemeliharaan preventif ini sangat penting karena kegunaannya yang sangat efektif didalam menghadapi fasilitas-fasilitas produksi

yang termasuk dalam golongan *critical unit*. Sebuah fasilitas akan termasuk dalam golongan *critical unit* apabila kerusakan fasilitas tersebut membahayakan kesehatan para pekerja, menyebabkan kemacetan seluruh proses produksi, modal yang ditanamkan dalam fasilitas tersebut atau harga dari fasilitas besar.

2.6 MASALAH EFISIENSI DALAM PEMELIHARAAN

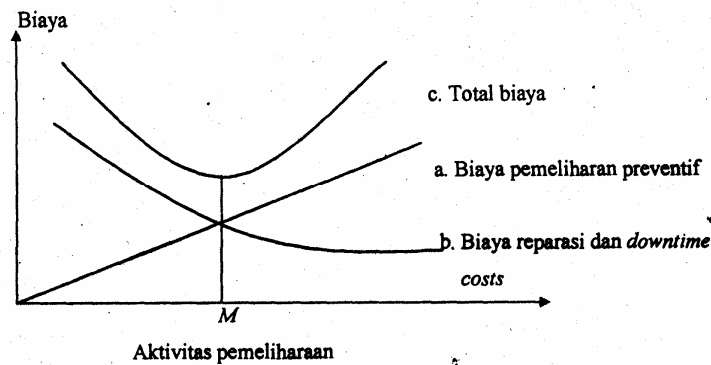
Didalam melaksanakan kegiatan pemeliharaan terdapat dua persoalan yang dihadapi oleh suatu perusahaan yaitu persoalan teknis dan persoalan ekonomis (Assauri, 1993). Walaupun secara teknis pemeliharaan preventif penting dan perlu dilakukan untuk menjamin kelancaran bekerjanya suatu mesin atau peralatan. Akan tetapi secara ekonomis belum tentu selamanya pemeliharaan preventif yang terbaik dan perlu diadakan untuk setiap mesin dan peralatan.

Dari kegiatan di atas dapatlah kita ketahui, bahwa walaupun secara teknis *preventive maintenance* penting dan perlu dilakukan untuk menjamin kelancaran bekerjanya suatu mesin atau peralatan. Akan tetapi secara ekonomis belum tentu selamanya *preventive maintenance* yang terbaik dan perlu diadakan untuk setiap mesin atau peralatan. Hal ini karena dalam menentukan mana yang terbaik secara ekonomis, apakah *preventive maintenance* ataukah *corrective maintenance* saja, harus dilihat faktor-faktor dan jumlah biaya yang akan terjadi. Di samping itu harus pula dilihat, apakah mesin atau peralatan itu merupakan “*strategic point*” atau “*critical unit*” dalam proses produksi ataukah tidak. Kalau mesin dan peralatan tersebut merupakan *strategic point* atau *critical unit*, maka sebaiknya diadakan *preventive maintenance* untuk mesin dan peralatan itu. Hal ini karena apabila terjadi kerusakan yang tidak dapat diperkirakan, maka akan mengganggu seluruh rencana produksi.

2.7 PEMELIHARAAN PREVENTIF VERSUS PEMELIHARAAN KOREKTIF

Keputusan mengenai kebijakan pemeliharaan apakah yang sebaiknya diterapkan dalam suatu perusahaan tergantung pada beberapa faktor, di antaranya

faktor biaya pada preventif dan korektif. Hal ini didasarkan pada keseimbangan biaya-biaya pemeliharaan seperti yang terlihat pada gambar 2.1 di bawah ini



Gambar 2.1. Keseimbangan biaya-biaya dalam pemeliharaan

2.8 KLASIFIKASI KONDISI KERUSAKAN

Suatu sistem mesin akan dikelompokkan sesuai dengan kondisi kerusakannya. Kondisi disini adalah tingkat kesiapan mesin saat dilakukan perawatan periodik terhadap mesin tersebut. Untuk menentukan tingkat kondisi ini, sistem diperiksa secara berkala, setelah dilakukan pemeriksaan kondisi mesin dapat digolongkan menjadi 4 (Garg,1989) yaitu:

a. Kondisi baik.

Suatu mesin dikatakan dalam kondisi baik apabila mesin tersebut dapat digunakan untuk operasi dengan ketentuan-ketentuan yang telah disetujui, seperti keadaan mesin baru. Perawatan pencegahan dan pemeriksaan dilakukan supaya mesin dapat beroperasi dengan baik. Kondisi ini disebut status 1.

b. Kondisi kerusakan ringan.

Suatu mesin dikatakan dalam kondisi kerusakan ringan apabila mesin tersebut dapat beroperasi dengan baik, tetapi kadang-kadang terjadi kerusakan-kerusakan kecil. Kerusakan yang ditimbulkan relatif ringan dengan biaya perbaikan relatif kecil. Kerusakan ringan biasanya diikuti dengan pembongkaran 2-3 unit yang kotor, dilakukan pembersihan ataupun dilakukan penggantian. Kondisi ini disebut status 2.

c. Kondisi kerusakan sedang.

Suatu mesin dikatakan dalam kondisi kerusakan sedang apabila mesin tersebut dapat beroperasi tapi dengan keadaan yang mengkhawatirkan. Kerusakan sedang termasuk semua kegiatan yang dilakukan dalam kerusakan ringan akan tetapi pembongkaran dilakukan terhadap lebih dari 3 unit. Kondisi ini disebut status 3.

d. Kondisi kerusakan berat.

Suatu mesin dikatakan dalam kondisi kerusakan berat apabila mesin tersebut tidak dapat beroperasi sehingga proses produksi berhenti, waktu perbaikan relatif lama dengan biaya perbaikan relatif besar, dan juga diikuti dengan penggantian komponen (*overhaul*). Kondisi ini disebut status 4.

2.9 PENGERTIAN TEORI KEANDALAN

Konsep keandalan merupakan suatu bidang kajian ilmu yang relatif baru, dimana konsep tersebut sangat dipengaruhi oleh fungsi *probability* dalam penggunaannya. Untuk lebih memahami, pengertian keandalan tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

- a. Keandalan atau *reliability* adalah peluang atau kemungkinan bahwa sistem atau hasil produksi akan berguna berperan dalam keadaan yang memuaskan pada suatu periode waktu yang ditentukan, jika dipergunakan pada suatu kondisi operasi yang telah ditetapkan (Blanchard and Fabricky, 1992).
- b. Keandalan atau *reliability* adalah sebagai probabilitas atau peluang suatu unit akan berfungsi normal jika digunakan pada kondisi yang khusus untuk skala periode minimal pada batas waktu tertentu (Dimiyati, 1999).

Karakteristik *Reliability* yaitu :

a. *Failure patern*

Meliputi bentuk atau macam kerusakan yang terjadi serta usia terjadinya kerusakan.

b. *Failure rate*

Laju kerusakan, yang dinyatakan sebagai waktu rata-rata diantara kerusakan (MTBF) yaitu rata-rata suatu kelompok item yang mampu melakukan fungsinya tanpa kerusakan.

c. *Failure progression rate*

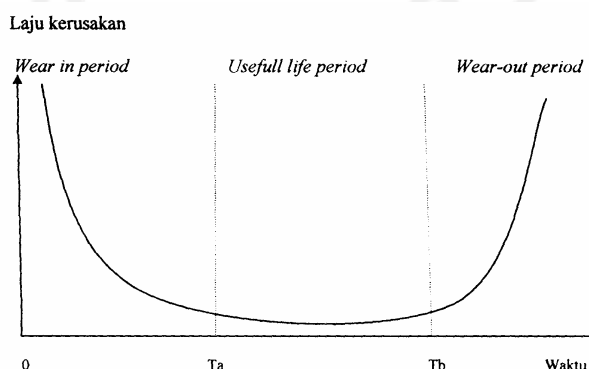
Kecepatan berkembangnya suatu kerusakan, sejak pertama kali dideteksi adanya kerusakan dimana sampai terjadinya kerusakan total.

2.9.1 Kurva Dan Fungsi Laju Kerusakan

Suatu mesin yang digunakan secara kontinyu atau dalam waktu yang cukup lama, maka mesin tersebut akan mengalami keausan atau kerusakan.

A. Kurva Laju Kerusakan

Kurva laju kerusakan merupakan suatu kurva yang menggambarkan laju kerusakan dan suatu keadaan mesin yang berproduksi. Dalam kenyataannya setiap mesin yang digunakan secara kontinu atau dalam waktu yang cukup lama, maka mesin tersebut akan mengalami masa atau periode dimana mesin dapat berfungsi dengan baik atau tidak. Kurva tersebut sangat efektif untuk mempelajari keandalan sistem yang akan dilakukan. Adapun kurva laju kerusakan (Wijaya, 2003) dapat digambarkan pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 *Bathub curve*

B. Parameter Laju Kerusakan

Kerusakan adalah kondisi sistem yang menyimpang dan persyaratan standar yang telah ditentukan bagi sistem tersebut. Laju Kerusakan (*failure rate*) merupakan laju dimana kerusakan terjadi pada interval yang ditetapkan. Pada dasarnya laju kerusakan dapat digambarkan sebagai kerusakan suatu produk per unit ukuran tertentu, misalnya. Maka laju kerusakan atau tingkat kerusakan per jam (Blanchard and fabricky,1992) dapat dituliskan persamaan, yaitu :

$$\lambda = \frac{\text{Banyaknya kerusakan yang terjadi}}{\text{Jumlah jam operasi}} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.1)}$$

dan juga dapat ditentukan rata-rata hidup sistem rata-rata waktu diantara kerusakan atau *mean time between Failure* (Blanchard and fabricky, 1992), yaitu :

$$\text{MTBF} = \frac{1}{\lambda} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.2)}$$

Secara teoritik laju kerusakan dapat didefinisikan sebagai peluang suatu mesin akan rusak dalam waktu sesaat kemudian atau suatu interval kemudian. Selanjutnya keandalan sistem dengan menggunakan rumus (Blanchard dan fabricky,1992) :

$$R(t) = e^{-\lambda t} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.3)}$$

dengan $R(t)$ adalah keandalan suatu sistem pada t waktu.

e adalah eksponensial.

t periode waktu yang diinginkan.

2.10 KEBIJAKSANAAN PEMBELIAAN DAN PENGGANTIAN MESIN

Perawatan yang dilakukan tidaklah selalu efektif, terkadang justru banyak timbul permasalahan yang lebih rumit misalnya besarnya biaya yang timbul akibat kebijakan perawatan yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Setiap peralatan yang digunakan dalam aktivitas sehari-hari memiliki keterbatasan umur atau masa pakai sehingga apabila alat yang serupa masih dibutuhkan pada akhir masa pakainya maka diperlukan proses penggantian dengan alat serupa yang baru.

Menurut Nyoman pujawan (2003) ada beberapa alasan kenapa proses penggantian suatu peralatan perlu dilakukan, yaitu :

1. Adanya peningkatan permintaan terhadap suatu produk sehingga dibutuhkan fasilitas produksi yang memiliki kapasitas yang lebih besar.
2. Kebutuhan untuk perawatan pada alat-alat yang dimiliki sudah berlebihan sehingga alat tersebut dinilai tidak ekonomis untuk dipakai, walaupun secara fisik masih tetap berfungsi.
3. Terjadi penurunan fungsi fisik peralatan sehingga akan berakibat menurunnya efisiensi operasi dan alat tersebut.
4. Adanya alternatif untuk menyewa suatu peralatan dan kebijakan ini lebih ekonomis dan membeli atau memiliki sendiri alat tersebut.
5. Terjadinya keusangan (*obsolescence*).

2.11 BEBERAPA KONSEP DASAR DALAM ANALISA PENGGANTIAN

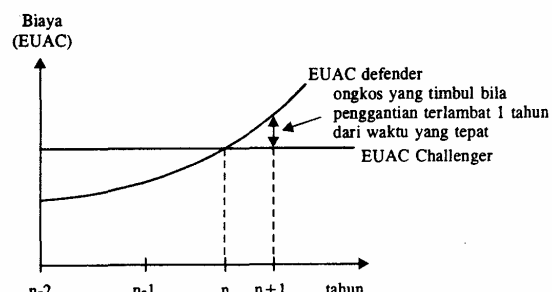
Ada beberapa konsep dasar yang harus dipahami dalam melakukan analisa penggantian suatu peralatan (Pujawan, 2003), yaitu:

1. Konsep *defender* dan *challenger*
2. Konsep *sunk cost*
3. Sudut pandang dan luar sistem
4. Umur ekonomis suatu peralatan

Berikut ini akan dibahas masing-masing konsep tersebut secara detail yaitu :

A. Konsep *Defender* dan *Challenger*

Secara umum analisa penggantian digunakan untuk menentukan apakah peralatan (aset) yang digunakan saat ini perlu diganti dengan peralatan yang lebih baru dan lebih ekonomis dan kapan penggantian itu sebaiknya dilakukan. Dalam konteks ini sudah menjadi kebiasaan untuk menyebut aset yang dipertimbangkan untuk diganti sebagai *defender* dan aset atau peralatan yang menjadi kandidat atau yang diusulkan untuk mengganti sebagai *challenger*. Konsep ini dapat digambarkan seperti gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2.3. EUAC *defender* dan *challenger*

B. Konsep Sunk Cost

Sunk cost adalah ongkos yang terjadi pada masa yang lalu dan tidak akan tertutupi sehingga tidak dipertimbangkan dalam analisa ekonomi teknik yang berkaitan dengan kondisi masa yang akan datang. Dalam analisa penggantian, konsep *sunk cost* juga diabaikan karena hanya kondisi mendatang dan suatu aset yang akan dipertimbangkan. *Sunk cost* pada analisa penggantian didefinisikan sebagai berikut:

Sunk cost = nilai buku saat ini - nilai jual saat ini.....Persamaan (2.4)

C. Sudut Pandang Pihak Luar

Pendekatan dengan sudut pandang pihak luar cukup obyektif dan lebih disukai karena akan membandingkan performansi ekonomi dan aset yang dimiliki (*defender*) dan alternatif pembandingnya (*challenger*) sebagai Iayaknya pihak ketiga yang bertindak seolah-olah tidak memiliki aset tersebut.

D. Umur Ekonomis Suatu Aset

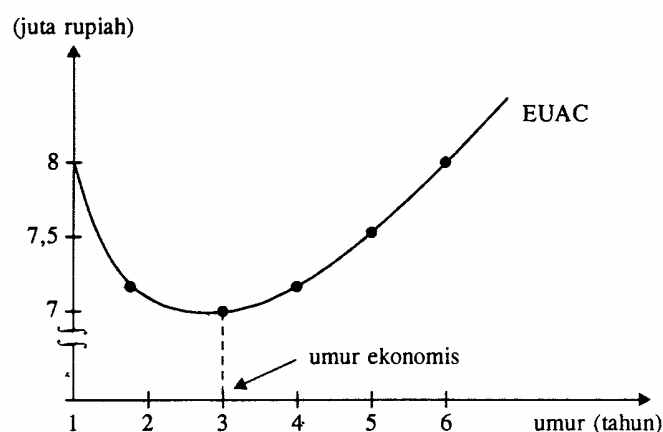
Perhitungan umur ekonomis suatu aset berguna untuk memperkirakan kapan aset tersebut sebaiknya diganti. tentu saja penggantian akan dilakukan apabila secara ekonomis memang lebih baik daripada tetap menggunakan aset yang lama (*defender*).

E Analisa Penggantian Berdasarkan Umur Ekonomis

Dalam kaitannya dengan analisa penggantian, ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan, yaitu :

1. *Sunk cost* harus diabaikan (gunakan sudut pandang pihak ketiga).
2. Tentukan umur ekonomis dan aset yang sedang dipertimbangkan.
3. Bandingkan alternatif-alternatif yang dipertimbangkan.

Konsep analisa penggantian berdasarkan umur ekonomis dapat digambarkan seperti gambar 2.4 berikut ini.



Gambar 2.4 grafik EUAC

F. Analisa Peremajaan Mesin Dengan Metode *George Terbogh's (Terbogh's model)*

Kasus peremajaan mesin ini akan mempergunakan metode *George Terbogh's (Terbogh's model)* dalam menilai apakah mesin itu layak diremajakan atau belum. Metode ini juga berguna untuk menemukan usia ekonomis yang diharapkan dari suatu alat. Hal-hal pokok yang perlu diketahui dalam aplikasi model ialah :

1. Nilai sisa (*inferioty gradient*) adalah nilai kemunduran prestasi alat yang diakibatkan oleh *deterioration* dan *Obsolescence*.

Nilai sisa = *deterioration* + *obsolescence*.....Persamaan (2.5)

2. Pemecahan dilakukan melalui cara komparasi antara lain :

- a. *Challenger* atau penamaan bagi mesin yang baru.
- b. *Defender* atau penamaan bagi mesin lama.

$$UAE^* = \frac{g(n^*-1)}{2} + \frac{C}{n^*} + \frac{iC}{2} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.6)}$$

Dengan ;

UAE^* = biaya anuitas (*uniform annual equivalent*) dari *challenger* (mesin baru).

n^* = usia ekonomis yang diharapkan dari mesin baru.

C = harga mesin baru.

i = tingkat biaya modal rata-rata (bunga).

g = Nilai sisa.

Biaya minimum tahunan akan dicapai jika $\frac{d}{dn^*}(UAE^*) = 0$, penurunan lebih lanjut dari model diatas menghasilkan :

$$UAE^* = (0,5gn^* - 0,5g) + \frac{C}{n^*} + \frac{iC}{2}$$

$$\frac{d}{dn^*}(UAE^*) = 0; \frac{d}{dn^*}(0,5gn^* - 0,5g) + \frac{C}{n^*} + \frac{iC}{2} = 0$$

$$= 0,5g - \frac{C}{n^{*2}} = 0 \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.7)}$$

sehingga diperoleh

$$\frac{g}{2} = \frac{g}{2} = \frac{C}{n^{*2}} \text{ dan } gn^{*2} = 2C; \text{ sehingga } n^{*2} = \frac{2C}{g} \text{ oleh karena itu } n^* = \sqrt{\frac{2C}{g}}$$

2.12 PROSES RANTAI MARKOV

Rantai *Markov* adalah suatu teknik matematika yang biasa digunakan untuk melakukan pembuatan model bermacam-macam sistem dan proses bisnis. Teknik ini dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan-perubahan di waktu yang akan datang dalam variabel-variabel dinamis atas dasar perubahan variabel-variabel dinamis tersebut di waktu yang lalu. Teknik ini juga dapat digunakan untuk menganalisa kejadian-kejadian di waktu-waktu mendatang secara matematis (Subagyo, 1984). Analisis *Markov* adalah suatu metode yang mempelajari sifat-sifat suatu variabel pada masa sekarang yang didasarkan pada sifat-sifatnya variabel yang sama di masa lalu dalam usaha menaksir sifat-sifat variabel yang sama di masa mendatang (Siagian, 1987).

2.12.1 Pendekatan Rantai *Markov*

Proses *Markov* adalah suatu sistem stokastik yang mempunyai karakter bahwa terjadinya suatu *state* pada suatu saat tergantung pada *state* sebelumnya (Dimiyati, 1999). Dengan kata lain dapat diungkapkan bahwa proses *Markov* memiliki sifat ketergantungan, yaitu hasil suatu pengamatan tertentu akan tergantung pada hasil pengamatan sebelumnya (terdahulu) dan selanjutnya akan mempengaruhi hasil pengamatan di masa mendatang. Lebih sederhana lagi yaitu hasil pengamatan tertentu tergantung hanya pada hasil pengamatan barusan dan bukan pada hasil pengamatan sebelum itu dan sebaliknya, hasil pengamatan tertentu akan mempengaruhi hanya hasil pengamatan berikutnya, tapi bukan hasil-hasil pengamatan sesudahnya. Jadi analisa *Markov* adalah suatu metode yang mempelajari sifat-sifat suatu variabel pada masa sekarang yang didasarkan pada sifat-sifatnya di masa lalu dalam usaha menaksir sifat-sifat variabel yang sama di masa mendatang. Proses stokastik ialah suatu himpunan variabel acak $\{ X(t) \}$ yang tertentu dalam suatu ruang sampel yang sudah diketahui, dimana t merupakan parameter waktu (*indeks*) dan suatu himpunan T . Kita menyatakan ruang keadaan i dan suatu proses sebagai himpunan harga variabel acak $X(t)$ yang mungkin. Dalam proses stokastik, istilah variabel acak $X(t)$ dapat diartikan

sebagai variabel keadaan. Misalnya, jika $t = 1, 2, \dots$ dalam himpunan $T = \{1, 2\}$ dan $X(t) = 0, 1, \dots, N$ dalam himpunan $i = \{0, 1, 2, \dots, N\}$ maka dalam sistem persediaan, $X(1)$ menggambarkan keadaan tingkat persediaan pada akhir minggu pertama, $X(2)$ menggambarkan keadaan tingkat persediaan akhir minggu kedua dan seterusnya.

Maka apabila $t_0 < t_1 < t_2 < \dots < t_n$ ($n = 0, 1, \dots$) menyatakan titik-titik waktu kumpulan variabel random $\{x(t_n)\}$ adalah suatu proses *Markov* jika memenuhi sifat sebagai berikut ini: $P\{x(t_n) = x_n \mid x(t_{n-1}) = x_{n-1}, \dots, x(t_0) = x_0\} = P\{x(t_n) = x_n \mid x(t_{n-1}) = x_{n-1}\}$ Untuk seluruh harga $x(t_0), x(t_1), \dots, x(t_n)$, Sedang secara umum dapat dikatakan sebagai suatu proses rantai *Markov* adalah suatu proses stokastik dimana setiap variabel random x_n hanya tergantung pada variabel yang mendahuluinya yaitu x_{n-1} dan hanya mempengaruhi random berikutnya. Sehingga istilah rantai (*chain*) disini adalah menyatakan adanya kaitan (mata rantai) antara variabel-variabel random yang paling berdekatan. Probabilitas $P_{x_{n-1}, x_n} = P\{x(t_n) = x_n \mid x(t_{n-1}) = x_{n-1}\}$ disebut sebagai probabilitas transisi. Probabilitas transisi ini menyatakan probabilitas bersyarat dan sistem yang berada dalam x_n pada saat t_n jika diketahui bahwa sistem ini berada dalam x_{n-1} pada saat t_{n-1} . Dari suatu eksperimen E diperoleh s_1, s_2, \dots, s_j dan untuk ($j = 0, 1, 2, \dots$) yang menyatakan (*outcome state* dari suatu sistem pada suatu waktu). Pada mulanya yaitu pada saat t_0 , sistem tersebut pada salah satu state diatas. Tentukan $a_j^{(0)}$ ($j = 0, 1, 2$) sebagai probabilitas absolut bahwa sistem berada dalam state s_j pada saat t_0 . berikutnya asumsikan bahwa Sistemnya adalah sistem *markov*. Probabilitas P_{ij} harus memenuhi kondisi $\sum_j P_{ij}$ untuk seluruh i dan P_{ij} untuk seluruh i dan j

didefinisikan: $P_{ij} = P\{x(t_n) = j \mid x(t_n) = i\}$

$$P^{(n)} = \begin{array}{|c|ccc|} \hline \text{Status} & 0 & 1 & M \\ \hline 0 & P_{00}^{(n)} & \dots & P_{0M}^{(n)} \\ 1 & & & \\ \vdots & & & \\ M & P_{M0}^{(n)} & \dots & P_{MM}^{(n)} \\ \hline \end{array}$$

Untuk $n = 0, 1, 2, \dots$

$$P_n = \begin{pmatrix} P_{00}^{(n)} & \dots & P_{0M}^{(n)} \\ P_{M0}^{(n)} & \dots & P_{MM}^{(n)} \end{pmatrix}$$

Sifat rantai *Markov* dalam jangka panjang, probabilitasnya menjadi status mapan (*steady state*). Selain dari pada itu $P_{ij}^n = \mu_j$, merupakan status j yang memenuhi syarat steady state yaitu $\mu_j > 0$ dan $\mu_j = \sum_i \mu_i P_{ij}$ untuk $j = 0, 1, 2, \dots$.

2.12.2 Penaksiran Parameter *Markov*

Sebagai persoalan utama yang dihadapi apabila hendak menggunakan proses *Markov* sebagai model suatu sistem adalah menentukan taksiran parameter-parameter tersebut dan data yang diperoleh dan 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 sample pengamatan yang dirancang dengan metode seperti dijelaskan pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Rancangan pengamatan

Status	1	2	3	4	Jumlah
--------	---	---	---	---	--------

1	M ₁₁	M ₁₂	M ₁₃	M ₁₄	M ₁
2	M ₂₁	M ₂₂	M ₂₃	M ₂₄	M ₂
3	M ₂₃	M ₃₂	M ₃₃	M ₃₄	M ₃
4	M ₂₄	M ₄₂	M ₄₃	M ₄₄	M ₄
5	M ₂₅	M ₅₂	M ₅₃	M ₅₄	M ₅
Jumlah Periode t	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	

Sumber : Hillier, 1974

Dari tabel tersebut probabilitas dapat diketahui dengan:

$$P_{ij} = \frac{m_{ij}}{m_i} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.8)}$$

2.12.3 Kegunaan Probabilitas dan Keputusan *Markov*

Didalam operasinya suatu sistem akan mengalami beberapa kemungkinan transisi status yang berubah dan satu status ke status lainnya. Bila dikatakan bahwa dalam status yang cukup pendek terdapat 4 kemungkinan status, maka untuk mengubah kondisi status yang dialami dilakukan beberapa tindakan yang sesuai dengan kondisi status. Misalkan jika perbaikan item baru dilakukan setelah item tersebut mengalami kerusakan berat (status 4). Dengan kata lain untuk status 1, 2, 3 tetap 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. Status dan kondisi mesin dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kondisi mesin

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

Sumber : Hillier ,1974

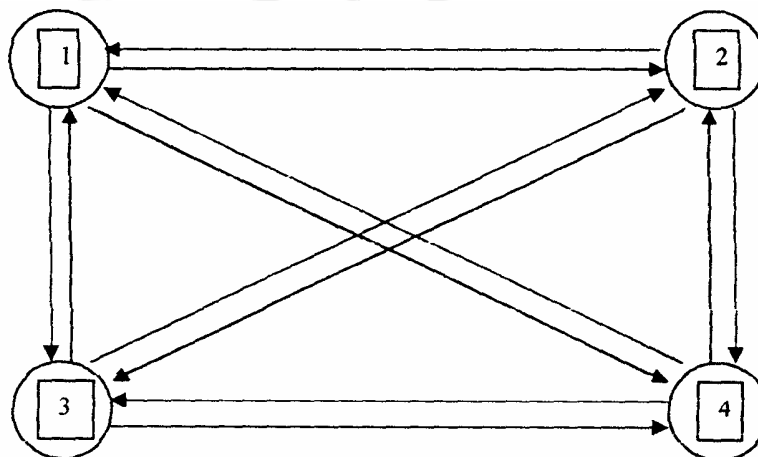
Pada tabel 2.2 terlihat bahwa status kondisi mesin dibagi menjadi 4 status yaitu status 1 untuk kondisi baik, status 2 untuk kerusakan ringan, status 3 untuk kerusakan sedang, status 4 untuk kerusakan berat. sedangkan keputusan yang diambil dalam menentukan perawatan dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3 Keputusan yang diambil dalam perawatan

No	Tindakan Yang Dilakukan	Status
1	Tidak melakukan perawatan	1,2,3
2	Dilakukan perawatan pencegahan (sistem kembali ke status 1)	2,3
3	Dilakukan perawatan korektif (sistem kembali ke status 1)	2,3,4

Sumber : Hillier dan supandi (1974)

Dan uraian diatas dapat dibuat skematis himpunan tertutup (*close set*) dan peralihan status (Subagyo, 1999) seperti gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.5 Skema himpunan tertutup

Bentuk tolak pada asumsi diatas, maka dapat diungkapkan bahwa suatu item mempunyai probabilitas transisi P_{ij} yang menyatakan bahwa suatu item berada pada status I maka pada selang waktu berikutnya akan beralih pada status j . Dalam bentuk matrik, probabilitas-probabilitas transisi tersebut diatas dapat dijelaskan seperti gambar 2.4 dibawah ini.

Tabel 2.4 Probabilitas transisi

$i \backslash j$	1	2	3	4
1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}
2	0	P_{22}	P_{23}	P_{24}
3	0	0	P_{33}	P_{34}
4	0	0	0	P_{44}

Sumber : Hillier, 1974

Pada tabel 2.4 diatas dapat terlihat dengan jelas penempatan-penempatan susunan probabilitasnya.

2.12.4 Perencanaan Perawatan

Untuk mendapatkan perawatan yang optimal sehingga dapat mengurangi biaya perawatan, maka diusulkan 4 perencanaan perawatan mesin yang didapat dari perubahan matriks transisi awal sesuai dengan tindakan yang dilakukan. Dari keempat usulan tersebut yang akan dipilih adalah usulan yang memiliki biaya rata-rata ekspektasi yang terkecil dalam perencanaan tersebut, yaitu :

- a. Perawatan korektif pada status 3 dan 4 seperti dijelaskan pada tabel 2.5 dibawah ini.

Tabel 2.5 Perawatan korektif pada status 3 dan 4

$i \backslash j$	1	2	3	4
1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}
2	0	P_{22}	P_{23}	P_{24}
3	1	0	0	0
4	1	0	0	0

Sumber : Hillier, 1974

- b. Perawatan korektif pada status 4 dan preventif 3 seperti dijelaskan pada tabel 2.6 dibawah ini.

Tabel 2.6 Perawatan korektif pada status 4 dan preventif 3

i \ j	1	2	3	4
1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}
2	0	P_{22}	P_{23}	P_{24}
3	1	0	0	0
4	1	0	0	0

Sumber : Hillier, 1974

- c. Perawatan korektif pada status 3,4 dan perawatan preventif pada status 2 seperti dijelaskan pada tabel 2.7 dibawah ini.

Tabel 2.7 Perawatan korektif pada status 3,4 dan perawatan preventif pada status 2

i \ j	1	2	3	4
1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}
2	1	0	0	0
3	1	0	0	0
4	1	0	0	0

Sumber : Hillier, 1974

- d. Perawatan korektif pada status 4 dan perawatan preventif pada status 2,3 seperti dijelaskan pada tabel 2.8 dibawah ini.

Tabel 2.8 Perawatan korektif pada status 4 dan perawatan preventif pada status 2 dan status 3

i \ j	1	2	3	4
1	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	P ₁₄
2	1	0	0	0
3	1	0	0	0
4	1	0	0	0

Sumber : Hillier, 1974

2.12.5 Matrik biaya

Struktur biaya (Penerimaan atau pengeluaran) selama periode t akan bergantung pada *state* masing-masing matriks transisi (Dimyati, 1999).

Sebelum overhaul:

$$R^1 = r_{ij}^1 = \begin{pmatrix} r_{ij}^1 & r_{ij}^1 & r_{ij}^1 & r_{ij}^1 \\ r_{ij}^1 & r_{ij}^1 & r_{ij}^1 & r_{ij}^1 \\ r_{ij}^1 & r_{ij}^1 & r_{ij}^1 & r_{ij}^1 \end{pmatrix}$$

Sesudah overhaul:

$$R^2 = r_{ij}^2 = \begin{pmatrix} r_{ij}^2 & r_{ij}^2 & r_{ij}^2 & r_{ij}^2 \\ r_{ij}^2 & r_{ij}^2 & r_{ij}^2 & r_{ij}^2 \\ r_{ij}^2 & r_{ij}^2 & r_{ij}^2 & r_{ij}^2 \end{pmatrix}$$

Penentuan jenis persoalan keputusan yang harus diselesaikan. pertama-tama harus diketahui apakah mesin-mesin ini akan terus dioperasikan dalam beberapa periode tertentu yang lamanya terbatas, atau tidak didefinisikannya kapan batas pengoperasiannya. Dengan kata lain apakah persoalan keputusan ini mempunyai *stage* yang terbatas atau tidak. Kedua jenis persoalan ini, keputusan yang harus dilakukan sama, yaitu menentukan apakah *overhaul* perlu dilakukan atau tidak. Proses optimasinya akan didasarkan pada nilai ekspektasi pendapatan yang maksimum. Jenis persoalan lainnya adalah pengevaluasian ekspektasi pendapatan sebagai hasil dan suatu tindakan yang telah ditetapkan apabila suatu *stage* dan sistem terjadi. Misalnya, apabila diputuskan untuk melakukan *overhaul* jika mesin dalam keadaan rusak (*state* 4). Proses pembuatan keputusan untuk kasus ini dijelaskan dengan *stationary policy*.

Setiap *stationary policy* akan berkaitan dengan matriks transisi dan matriks biaya yang berbeda, yang pada umumnya dapat dibentuk dan matriks P^1, P^2, R^1, R^2 Di dalam beberapa kasus proses *Markov* akan menuju pada suatu probabilitas stasioner kondisi mesin. Pertama-tama nilai probabilitas stasioner yang dimaksud dinyatakan dengan simbol μ Dengan demikian maka probabilitas stasioner kondisi mesin dalam porsi desimal yaitu :

$$\mu = [\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4] \text{ keterangan: } \mu = \text{vektor dan probabilitas status.}$$

$$\mu_1 = \text{nilai dan kondisi status 1.}$$

$$\mu_2 = \text{nilai dan kondisi status 2.}$$

$$\mu_3 = \text{nilai dan kondisi status 3.}$$

$$\mu_4 = \text{nilai dan kondisi status 4.}$$

2.12.6 Analisis 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. Dan apabila dikalikan dengan probabilitas status dalam keadaan mapan (*steady state*) untuk masing-masing perawatan. Dan perawatan yang diusulkan dan perawatan yang telah dilakukan. Oleh perusahaan akan dipilih perencanaan perawatan yang mempunyai biaya rata-rata ekspektasi yang terkecil.

a. Biaya *downtime*.

Suatu sistem yang tidak produktif selama sistem dalam perawatan atau perbaikan akan mengakibatkan hilangnya keuntungan. Biaya tersebut dinamakan biaya *downtime*. Elemen-elemen biaya-biaya yang menentukan biaya downtime adalah biaya operator mesin, hilangnya sebagian output produksi.

1. Biaya perawatan preventif

Biaya perawatan preventif dilambangkan dengan C_{1i}

$$C_{1i} = \text{waktu rata-rata perawatan preventif} \times \text{biaya downtime} \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.9)}$$

2. Biaya perawatan korektif

Biaya perawatan korektif dilambangkan dengan C_{2i} .

$$C_{2i} = \text{waktu rata-rata perawatan korektif} \times \text{biaya downtime} \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.10)}$$

b. Biaya rata-rata ekspektasi

Berdasarkan pada biaya *downtime* dan waktu perawatan maka akan didapatkan biaya perawatan untuk masing-masing item. Apabila dikaitkan dengan probabilitas status dalam keadaan *steady state* pada jangka panjang, maka akan didapatkan biaya rata-rata ekspektasi untuk masing-masing perawatan dan dapat dinyatakan dengan rumus (Frederick S. Hillier:1974) yaitu :

$$E^i = \sum \pi_i C_i \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.11)}$$

Keterangan ;

E^i = biaya rata-rata ekspektasi perawatan i

π_i = probabilitas status dalam keadaan mapan pada jangka panjang

C_i = biaya perawatan korektif untuk setiap item ke- i

Biaya perawatan korektif yang selain daripada penggantian elemen-elemen pembantu mesin yang perlu diperhitungkan adalah biaya -biaya pelumas dan *grease* (Suharto, 1991), yaitu :

$$\text{Biaya Pelumas} = \left(\frac{0,75}{19,5} + \frac{C}{t} \right) X_1 (\text{Rp} / \text{jam}) \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.12)}$$

dengan ;

- X_1 = Harga minyak lumas
- N = Daya *output engine* (HP)
- C = Kapasitas *carier oli* = 0,15 N (liter)
- t = 2000 Jam

$$\text{Biaya pemberian } \textit{grease} = 0,3 \times 10^{-4} \times N \times X_2 (\text{Rp}/\text{Jam}) \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.13)}$$

dengan ;

- N = Daya *engine* (HP).
- X_2 = Harga *grease* (Rp/kg).

2.12.7 Perhitungan Umur Pemakalan *Spare Part*

Rumus yang digunakan dalam menghitung umur pemakaian *spare part* (Sularso, 1997) sebagai berikut :

Usia Kegunaan $L_h = 500 \times f_h^3 \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.14)}$

Faktor Umur $f_h = f_n \times \frac{C}{P} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.15)}$

Faktor Kecepatan $f_n = \left[\frac{33.3}{n} \right]^{1/3} \dots\dots\dots \text{Persamaan (2.16)}$

dengan ;

- f_h = Faktor umur
- L_h = Umur pemakaian
- f_n = faktor kecepatan
- C = Beban nominal dinamis spesifik (kg)

P = Beban ekivalen (kg)

2.12.8 Perhitungan Persediaan *Spare Part*

Bila biaya suku cadang melebihi jumlah maksimum yang diperhitungkan, maka akan menimbulkan kerugian berupa sejumlah modal yang terhenti dalam bentuk suku cadang yang berlebihan. Bila jumlah persediaan suku cadang kurang dan jumlah minimum yang harus ada, maka akan timbul masalah pada waktu melakukan perbaikan peralatan produksi karena kekurangan suku cadang. sehingga pekerjaan perbaikan terhenti (Suparlan, 1999). Rumus persediaan *spare part* yaitu :

Maksimum persediaan (N_1) = $(n \times t \times a) / (k \times s)$Persamaan (2.17)

Minimum persediaan (N_2) = $N_1 / 4$Persamaan (2.18)

Keterangan;

n = Jumlah komponen yang sama dalam satu mesin.

t = Waktu atau umur bagian mesin.

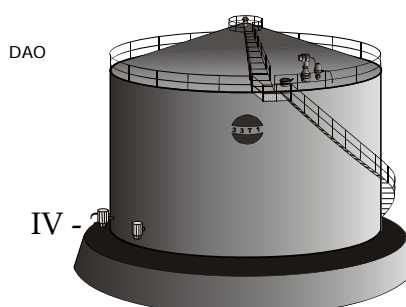
s = Rata-rata penggunaan mesin.

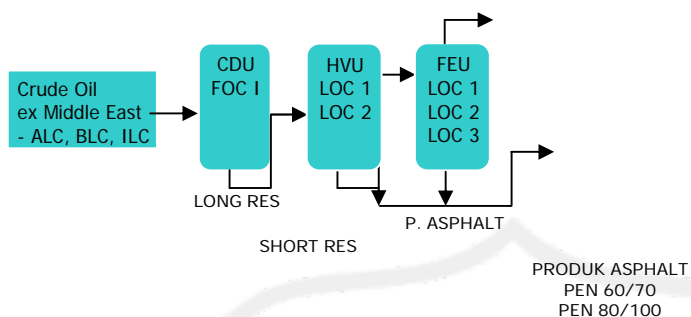
a = Jumlah mesin yang sejenis.

k = Faktor koreksi.

2.13 SISTEM PRODUKSI DAN PEMELIHARAAN DI UNIT PABRIKASI ASPAL PT.PERTAMINA (PERSERO) UP.IV CILACAP

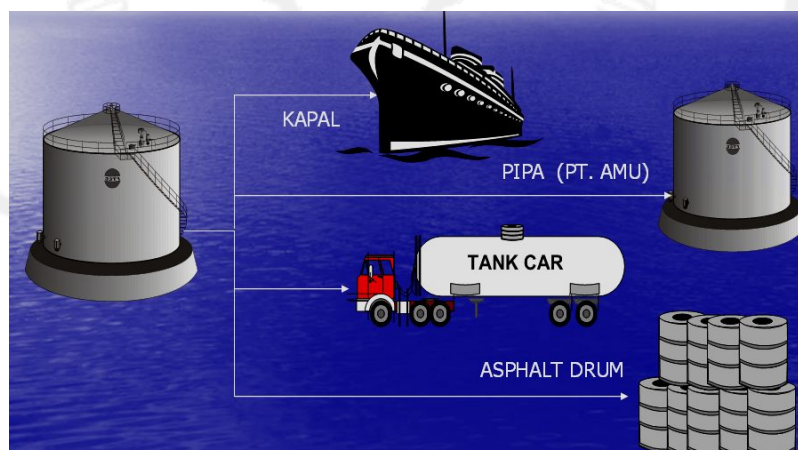
Unit Pabrikasi Aspal PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap adalah satu-satunya unit pengolahan aspal di Indonesia *drum plant* adalah pabrik aspal dalam kemasan drum yang diproduksi untuk kebutuhan aspal masyarakat dengan spesifikasi yang telah ditentukan oleh Pertamina. Berat bersih (*netto*) aspal drum adalah 155 kg. Selama ini konsumen lebih banyak mengambil aspal dengan spesifikasi 60/170 karena sesuai untuk kebutuhan pembangunan jalan di Indonesia.





Gambar 2.6 Gambar perolehan dan pengolahan aspal

Pada gambar 2.6 terlihat bahwa pengolahan aspal mengalami berbagai proses mulai dari *crude oil* yang diolah di kilang FOC I yang kemudian diolah di LOC I dan LOC II di kilang PT Pertamina unit pengolahan IV Cilacap hingga menjadi aspal. Selain menggunakan *tank car* proses penyaluran dapat menggunakan drum yang drum ini dibuat di *drum plant* area PT Pertamina UP IV Cilacap.



Gambar 2.7. Gambar Penyaluran Produk Aspal

Pada gambar 2.7 diatas terlihat bahwa penyaluran aspal dapat dilakukan dengan empat cara yaitu Kapal, tanki distributor yaitu PT.AMU yang akan menyalurkan pada *indentor*, *Tank Car*, Aspal drum. Pada penelitian ini akan fokus

pada aspal drum yang diproduksi di unit pabrikasi aspal *drum plant* Pertamina UP IV Cilacap. *Drum plant* area adalah proses pabrikasi atau pembuatan *ready* drum dari bahan baku *steel sheet* (pelat baja) dengan menggunakan mesin-mesin terpadu sampai dengan proses pengecatan (*painting*). Proses produksi *drum plant* adalah *flow shop* karena setiap *part* membutuhkan urutan proses yang sama, sehingga dalam sistem tersebut mesin mesin akan disusun secara seri berdasarkan urutan proses setiap *part*.

Bahan baku pembuatan *ready drum* berupa *drum sheet* dengan bahan pelat baja tipis, pelat baja (*steel sheet*) dengan dimensi dan spesifikasi tertentu mengikuti standar BG (*Birmingham Gauge*). Apabila ditemukan plat yang tidak sesuai dengan ukuran (*spec*) maka plat-plat tersebut dipisah dan tidak diproses, kemudian dihitung dan dilaporkan kepada pihak pemasok yang bersangkutan untuk diklaim. Sebagai tindak lanjutnya, pihak pemasok membayar klaim terhadap plat-plat yang *Off Spec*.

Tabel 2.9 Ukuran drum plant

Jenis Sheet(kg)	Dimensi (mm)			Standard	Jml. Sheet/SE (pcs)	Berat/SE
	Panjang	Lebar	Tebal			
<i>Body</i>	1580	882	0.63	BG. 24	420	± 2.830
<i>Cover</i>	1125	565	0.63	BG. 24	630	± 1.950
<i>Lid</i>	1828	914	0.50	BG. 26	420	± 2.710

Sumber : PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap, 2006

Jenis mesin dan fungsinya dari permesinan pada area *drum plant* yaitu :

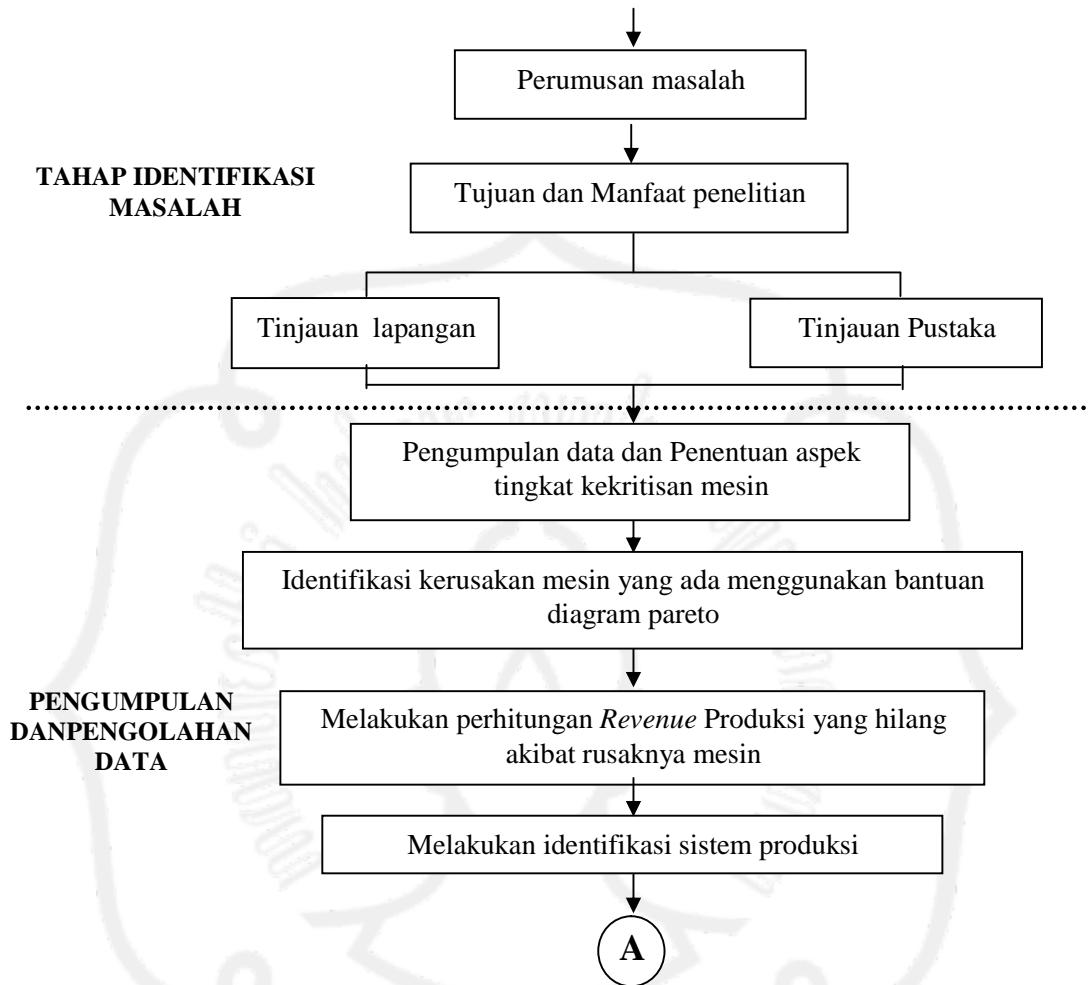
- Grinding machine* berfungsi untuk membersihkan karat dan membuat permukaan yang bagus pada bagian tepi *body sheet* agar mudah dilas.
- Three roll machine* berfungsi untuk membuat lembaran *Body Sheet* menjadi silinder.
- Spot welder machine* berfungsi untuk membuat titik-titik las sebagai *guide* atau pegangan saat dilakukan pengelasan atau penyatuan tepi *body sheet*.

- d. *Seam welder machine* berfungsi untuk mengelas atau menyatukan tepi *body sheet* setelah di las titik.
- e. *Flanging machine* berfungsi untuk membuat *flange* pada *body sheet* agar dapat disatukan dengan *top* dan *bottom cover*.
- f. *Corrugating machine* berfungsi untuk membuat gelombang pada *body drum* (*corrugate*) agar drum menjadi kuat.
- g. *Vertical double seamer machine* berfungsi untuk menyatukan body drum yang telah mengalami proses *corrugating* dengan *top* maupun *bottom cover*.
- h. *Leak tester machine* berfungsi untuk mendeteksi atau mengetahui adanya bocoran pada drum setelah proses *seaming* di *vertical double seamer*
- i. *Stamper 150 ton press machine* berfungsi untuk membuat *top* dan *bottom cover* dari *cover sheet*
- j. *Stamper 60 ton press machine* berfungsi untuk membuat lubang atau plong pada *bottom cover* untuk dijadikan *top cover*.
- k. *Painting machine* berfungsi untuk mengecat drum-drum yang telah melewati semua proses yang ada sehingga menjadi satu kesatuan yang utuh dan siap untuk di bawa masuk ke dalam *drying oven* untuk dikeringkan dan dibawa dengan *conveyor* ke area *filling* aspal
- l. *Drying oven* berfungsi untuk mengeringkan *ready drum* yang keluar dari *painting machine* dengan *setting* temperatur 100-110 °C.

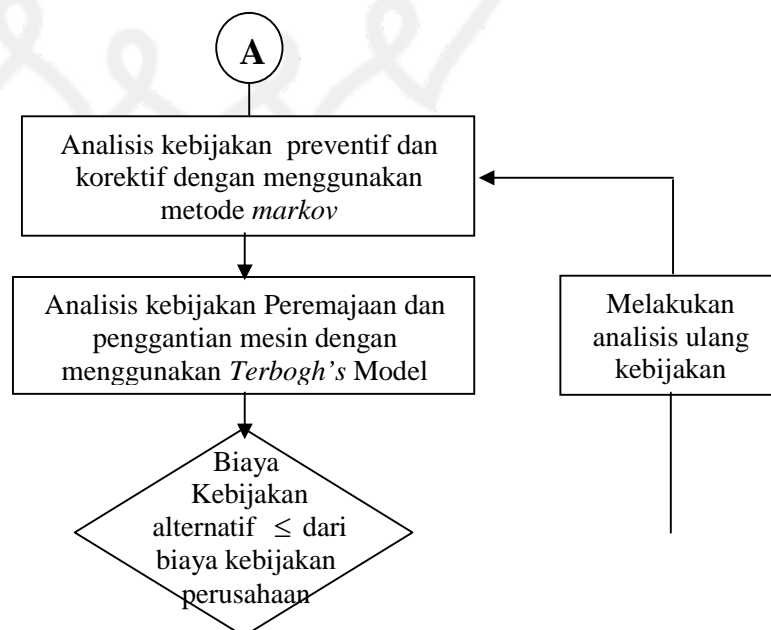
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

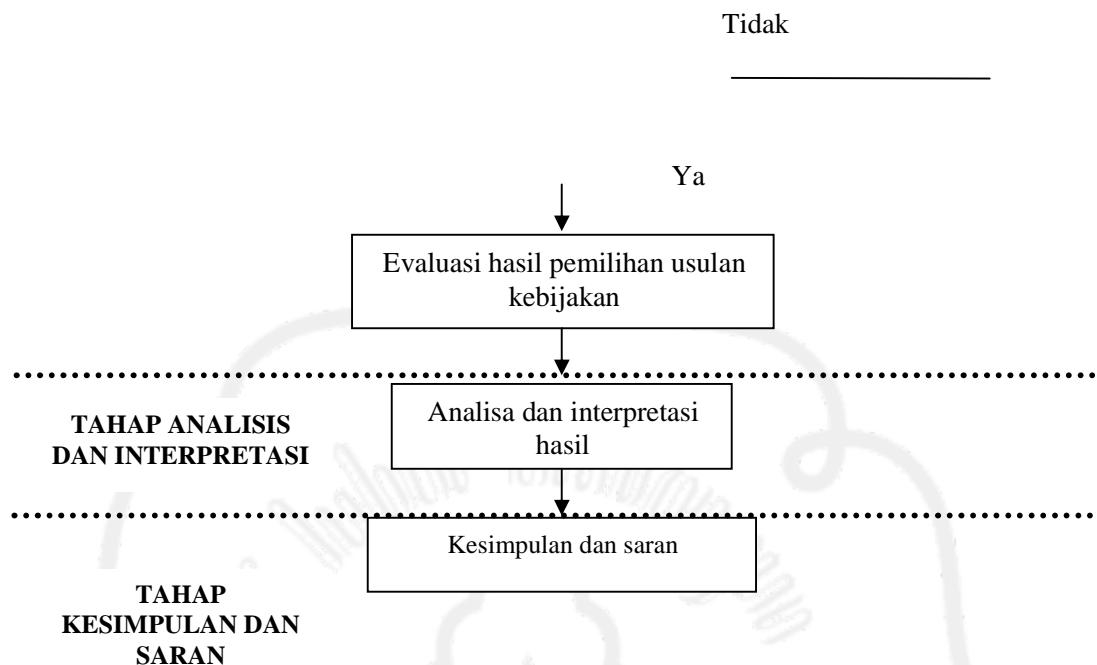
Metodologi penelitian adalah tahapan dan langkah-langkah yang digunakan untuk memudahkan pemahaman mengenai permasalahan menjadi lebih sistematis dan terarah sehingga memenuhi tujuan penelitian. Metodologi pada penelitian ini dibagi dalam 4 tahapan penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.

Latar belakang Permasalahan



Gambar 3.1 Metodologi penelitian





Gambar 3.1 Metodologi penelitian (lanjutan)

Adapun urutan pemecahan masalah dibagi dalam 4 Tahap yaitu tahap identifikasi masalah, tahap pengolahan data, tahap analisis dan interpretasi, tahap kesimpulan dan saran, dalam penelitian ini secara detail dijelaskan dalam tahap-tahap berikut :

3.1 TAHAP IDENTIFIKASI MASALAH

Pada tahap identifikasi ini menguraikan beberapa hal yang dapat memperjelas didalam merumuskan permasalahan yang ditemukan. Tahap identifikasi ini diuraikan dalam sub bab-bab dibawah ini yaitu :

3.1.1 Latar belakang

Latar belakang permasalahan adalah kerusakan mesin *drum plant* di unit pabrikasi aspal PT Pertamina UP IV Pada waktu mesin berjalan normal, maka dapat tercapai target yang diharapkan yaitu sekitar 3000 drum/hari tetapi seiring terjadinya akumulasi penyusutan mesin maka kerusakan mesin sering terjadi pada kurun waktu 5 tahun terakhir sehingga sangat mengganggu pemenuhan kebutuhan pasokan aspal nasional maupun kuota untuk ekspor, yang saat ini hanya dapat menghasilkan rata-rata 1935 drum/hari. Dari segi ekonomipun perusahaan akan dirugikan karena perusahaan akan kehilangan pendapatan yang seharusnya diperoleh oleh perusahaan sehingga diperlukan pemecahan masalah tersebut sesuai dengan keadaan kondisi perusahaan.

3.1.2 Perumusan masalah

Setelah dilakukan identifikasi permasalahan awal dapat dirumuskan suatu permasalahan yang ditemukan yaitu bagaimana menentukan kebijakan pemeliharaan yang sebaiknya diterapkan oleh perusahaan dan kapan sebaiknya diterapkan kebijakan peremajaan dan penggantian terhadap mesin-mesin yang ada sebagai langkah investasi perusahaan apabila tidak menguntungkan mempertahankan mesin lama.

3.1.3 Tujuan dan manfaat penelitian

Melalui tujuan penelitian maka dapat ditemukan arah serta sasaran yang ingin dicapai dalam suatu penelitian. Tujuan penelitian ditetapkan berdasarkan permasalahan yang diteliti. Penelitian ini, bertujuan untuk mengidentifikasi analisis manajemen kebijakan pemeliharaan yang tepat dan analisis waktu yang tepat dalam penerapan kebijakan peremajaan dan penggantian mesin terhadap mesin-mesin yang ada, sebagai langkah investasi perusahaan apabila dirasakan tidak menguntungkan mempertahankan mesin lama. Manfaat penelitian inipun dapat digunakan sebagai pertimbangan pengambilan keputusan kebijakan pemeliharaan bagi perusahaan untuk kebijakan pembelian dan penggantian mesin apabila ternyata biaya pemeliharaan

tidak menguntungkan untuk jangka panjang dibandingkan dengan investasi mesin baru serta dapat juga untuk menghindari pemilihan kebijakan pemeliharaan yang tidak tepat sehingga pemborosan biaya dapat dikurangi.

3.1.4 Tinjauan lapangan dan tinjauan pustaka

Pada tinjauan lapangan dapat digunakan sebagai studi pendahuluan untuk mengetahui gambaran permasalahan yang ada di lapangan sedangkan studi pustaka ini dilakukan dengan membaca dan mempelajari literatur-literatur yang relevan dengan penelitian yang dilakukan. Studi pustaka dilakukan agar diperoleh bekal dan gambaran mengenai konsep-konsep yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan sehingga dapat diberikan alternatif solusi secara ilmiah.

3.2 TAHAP PENGUMPULAN DATA

Pada tahap selanjutnya dilakukan tahap pengumpulan data, yang meliputi pengumpulan data primer dan data sekunder, yaitu :

- a. Data primer diperoleh melalui pengamatan dan wawancara, untuk orang-orang yang diwawancarai adalah kepala bagian *maintenance* area *drum plant* PT Pertamina UP IV Cilacap, teknisi lapangan, pekerja harian sedangkan data sekunder diperoleh dari dokumentasi perusahaan. Data-data primer yang diperoleh dari responden yang terdiri dari para pekerja harian area *drum plant* PT Pertamina UP IV Cilacap atau objek penelitian berupa foto-foto area *drum plant*. Data primer yang dikumpulkan antara lain sistem pemeliharaan perusahaan, Aktivitas-aktivitas pemeliharaan yang dilakukan oleh perusahaan.
- b. Data-data sekunder yang dikumpulkan adalah data produksi drum, Data kerusakan, data mesin yang mengalami perubahan status, data-data administrasi dan keuangan perusahaan, dalam hal ini data biaya-biaya pemeliharaan dan data pembelian awal mesin *drum plant*, data biaya penggantian suku cadang mesin.

3.3 TAHAP PENGOLAHAN DATA

Pengolahan data yang dilakukan terdiri dari beberapa langkah yang akan dijelaskan pada *point-point* dibawah ini, yaitu :

1. Penentuan tingkat kekritisan mesin

Tingkat kekritisan mesin ini didasarkan pada hal-hal berikut ini, yaitu :

- a. *Layout* mesin, *layout* mesin pada *drum plant* area PT.Pertamina (Persero) UP.IV Cilacap adalah disusun *flowshop* berdasarkan urutan pengerjaan dengan 4 lintasan produksi
- b. Lama operasi masing-masing mesin adalah sama sehingga beban masing-masing sama.

Dari kedua *point* diatas maka tingkat kekritisan mesin didasarkan pada jumlah *downtime* mesin yang paling besar.

2. Layout mesin *drum plant*

Layout mesin *drum plant* menggambarkan posisi mesin-mesin yang ada di area *drum plant* PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap yang dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam tata letak produksi dan penentuan tingkat kekritisan mesin. Proses permesinan dimulai dari mesin *Sheet grinding* berurutan kemudian mesin *ThreeRoll*, mesin *SpotWelder*, *SeamWelder*, *Flanging*, *Corrugating* , sebelum disatukan pada mesin *Double Seamer*, terdapat proses permesinan yang mengerjakan *Top Cover* dan *Bottom Cover* yaitu secara berurutan mesin *Cutting*, mesin 150 TP, 60 TP kemudian disatukan pada mesin *Double Seamer* kemudian mesin *Leak Tester*, *Painting*, *Drying Oven* dan siap menuju *Filling* .

3. Identifikasi terhadap kerusakan mesin yang ada

Identifikasi ini meliputi ketiga belas mesin yaitu fungsi, jenis dan cara kerja mesin-mesin yang ada di *drum plant* area PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap.

4. Melakukan perhitungan *revenue* produksi yang hilang akibat rusaknya mesin

Perhitungan ini didasarkan atas mesin-mesin yang ada, akibat rusaknya mesin tersebut maka perusahaan akan kehilangan suatu pendapatan yang seharusnya didapatkan oleh perusahaan. Untuk perhitungan *revenue* produksi ini dilakukan dalam langkah-langkah berikut, yaitu :

- a. Melakukan perhitungan kehilangan hari operasi yang didapatkan dengan mengurangi Jumlah jam produksi per kuartal – Jumlah jam kerusakan mesin (*Down Time*) per kuartal.
- b. Melakukan perhitungan Produksi aspal drum di PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap dengan rumus target produksi per hari dibagi jam kerja per hari.
- c. Melakukan perhitungan kehilangan produksi (dalam drum) dengan rumus kehilangan hari operasi dikalikan produksi aspal perdrum.
- d. Melakukan perhitungan produk tercapai (drum) dengan rumus target produksi (drum/kuartal) dikurangi kehilangan produksi (drum).
- e. Melakukan perhitungan biaya pokok produksi per drum (dalam US\$) dengan rumus total komponen biaya produksi dikalikan total produksi tercapai (drum).
- f. Melakukan perhitungan *Revenue* (dalam US\$) dengan rumus harga jual asphalt per drum (US\$) dikalikan biaya pokok produksi per drum (US\$).
- g. Melakukan perhitungan margin produksi dengan rumus *revenue* dikurangi biaya pokok produksi.

5. Identifikasi sistem produksi yang ada di perusahaan

Dalam tahapan ini akan dilakukan identifikasi sistem produksi drum *plant* PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap, identifikasi tersebut meliputi :

- a. Identifikasi pola produksi *drum plant* area PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap. Identifikasi ini dilakukan dengan melakukan wawancara dengan pihak yang berwenang dalam hal ini Adm. *drum plant* PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap.
- b. Identifikasi hari kerja di area *drum plant* PT. Pertamina (Persero) UP IV Cilacap. Identifikasi ini dilakukan dengan melakukan wawancara dengan pihak

yang berwenang dalam hal ini bagian *work scheduling drum plant* PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap.

- c. Identifikasi proses produksi dan urutan proses. Identifikasi ini dilakukan dengan melakukan wawancara dengan pihak yang berwenang dalam hal ini bagian *produksi drum plant* PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap, selain itu juga melakukan pengamatan berdasarkan urutan proses dan urutan mesin selanjutnya dibandingkan dengan teori yang ada.
 - d. Identifikasi sistem cadangan *spare part* mesin. Identifikasi ini dilakukan dengan melakukan wawancara dan mempelajari file dengan pihak yang berwenang dalam hal ini bagian *mainetenace drum plant* PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap.
 - e. Identifikasi sistem pemeliharaan mesin-mesin di *drum plant* area PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap. Identifikasi ini dilakukan dengan melakukan wawancara dengan pihak yang berwenang dalam hal ini bagian *mainetenace drum plant* PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap.
6. Melakukan pengolahan data yaitu :
- a. Analisis manajemen usulan kebijakan perawatan preventif dan korektif menggunakan metode *markov chain* dengan langkah-langkah sebagai berikut :
 - Menghitung MTBF dengan rumus seperti pada persamaan 2.2.
 - Menghitung *reliability* dengan rumus seperti pada persamaan 2.3.
 - Melakukan perhitungan matrik transisi mesin beserta probabilitas mesinnya.
 - Menghitung biaya ekspektasi dan biaya *downtime* dengan rumus seperti pada persamaan 2.11.
 - Menghitung biaya pelumasan dengan rumus seperti pada persamaan 2.12.
 - Menghitung biaya pemberian *grease* dengan rumus seperti pada persamaan 2.13.

- Menghitung umur pemakaian *spare part* dengan rumus seperti pada persamaan 2.14.
 - Menghitung persediaan *spare part* dengan rumus seperti pada persamaan 2.17 dan 2.18.
- b. Analisis manajemen kebijakan peremajaan mesin menggunakan metode *therbog'h model* dengan langkah-langkah, sebagai berikut :
- Melakukan perhitungan nilai sisa mesin lama dengan menggunakan metode garis lurus (*straight line*).
 - Melakukan perhitungan taksiran usia ekonomis.
 - Melakukan perhitungan perbandingan *UAE* mesin *challenger* dan mesin *defender* serta periode waktu penggantian yang paling tepat.

7. Identifikasi dan pemilihan kebijakan yang akan diterapkan

Pada bagian ini pemilihan kebijakan dilakukan berdasarkan pertimbangan terhadap perbandingan biaya yang timbul akibat pemilihan kebijakan pemeliharaan dan peremajaan mesin. Pemeliharaan yang akan dipilih harus merupakan kebijakan pemeliharaan yang mempunyai biaya pemeliharaan paling kecil dan yang paling tepat diterapkan dengan kondisi perusahaan saat ini. Kebijakan Peremajaan membandingkan mesin baru dan mesin lama, sedangkan kebijakan pemeliharaan yaitu :

- a. Kebijakan 1 yaitu Kebijakan pemeliharaan preventif pada status 1 (status baik),2 (status ringan),3 (status sedang).
- b. Kebijakan 2 yaitu Kebijakan pemeliharaan preventif pada status 2 (status ringan) dan preventif pada status 3 (status sedang)
- c. Kebijakan 3 yaitu pemeliharaan korektif pada status 3 (status sedang) dan status 4 (status berat).
- d. Kebijakan 4 yaitu pemeliharaan korektif pada status 4 (status berat) dan preventif status 2 (status ringan).

- e. Kebijakan 5 yaitu pemeliharaan korektif pada status 4 (status berat) dan preventif pada status 3 (status sedang).
- f. Kebijakan 6 yaitu pemeliharaan korektif pada status 3 (status sedang), dan preventif pada status 2 (status ringan).
- g. Kebijakan 7 yaitu pemeliharaan korektif pada status 4 (status berat) dan preventif pada status 2 (status ringan), status 3 (status sedang).
- h. Kebijakan 8 yaitu pemeliharaan korektif pada status 3 (status sedang), status 4 (status berat) dan preventif pada status 2 (status ringan).

3.4 TAHAP ANALISA DAN INTERPRETASI HASIL

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis meliputi analisis usulan kebijakan dengan preventif dan korektif dengan menggunakan metode *markov* serta analisis usulan kebijakan peremajaan dan penggantian mesin dengan *Terbogh's* model.

3.5 TAHAP KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan berisi bagian-bagian penting dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Saran berisi hal-hal yang perlu menjadi perhatian berkaitan dengan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini dan kelanjutan penelitian.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan diuraikan proses pengumpulan data dan dilanjutkan dengan proses pengolahan data sesuai metodologi pada bab sebelumnya. Proses pengolahan data dimulai dengan perhitungan *revenue* produksi yang hilang dilanjutkan dengan perhitungan analisis manajemen kebijakan perawatan preventif maupun korektif dengan menggunakan metode *markov chain* dan analisis kebijakan peremajaan mesin

menggunakan metode *Therbog'h model*. Pada analisis peremajaan mesin ini juga dilakukan perhitungan waktu yang paling tepat untuk melakukan peremajaan mesin dengan mempertimbangkan depresiasi mesin dan usia ekonomis mesin serta membandingkan mesin baru dan mesin lama. Langkah-langkah selanjutnya diuraikan secara komprehensif pada sub bab-bab berikut ini.

4.1 PENGUMPULAN DATA

Berdasarkan uraian yang telah dijabarkan pada bab-bab sebelumnya, terdapat data-data yang diolah dalam penelitian di unit pabrikasi aspal *drum plant* PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap. Adapun data-data tersebut diuraikan dalam sub bab berikut ini.

4.11 *Downtime* Mesin

Data *downtime* mesin ini terdiri dari 4 kuartal mulai bulan januari 2005 sampai bulan april 2006 mencakup semua mesin di unit pabrikasi aspal *drum plant* PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap yang terdiri dari 13 jenis mesin. yang ada di perusahaan ini terlihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 *Downtime* mesin periode Januari 2005-April 2006

KUARTAL	BULAN	JENIS MESIN (dalam jam)												
		Ctg	150 Stp	60 Stp	SG	TR	SpW	SmW	F	Crgt	DS	LT	P	BO
Ke-1	Jan'05	5	12	4	5	1	4	29	1	2	5	2	3	5
	Feb'05	2	8	2	6	1	2	15	3	3	0	4	8	4
	Mar'05	7	6	7	3	2	2	32	2	2	4	6	4	8
	Apr'05	1	14	2	1	2	6	14	4	3	5	2	0	2
Ke-2	Mei'05	1	7	1	1	3	1	34	4	2	1	3	0	5
	Jun'05	1	1	2	4	1	1	19	1	1	1	1	3	1
	Jul'05	3	4	3	8	2	3	17	3	4	7	1	4	3
	Agust'05	3	11	9	7	4	1	18	2	1	2	2	2	0
Ke-3	Sep'05	1	14	8	0	1	2	13	1	2	4	0	5	1
	Okt'05	2	1	4	1	2	4	14	2	1	10	2	7	6
	Nop'05	1	11	3	3	3	1	15	8	1	7	3	3	2
	Des'05	9	7	5	6	1	1	17	7	1	10	2	3	4
Ke-4	Jan'06	2	25	19	5	4	3	34	6	6	18	7	18	8
	Feb'06	2	11	10	12	1	2	24	3	2	1	2	7	3
	Mar'06	3	11	5	10	1	2	22	4	2	1	8	8	2
	Apr'06	1	6	3	11	1	1	22	4	2	5	9	7	5
Jumlah total per mesin		44	149	87	83	30	36	339	55	35	81	54	82	59

Sumber : Bagian maintenance terminal PT.Pertamina UP IV Cilacap, 2006

Keterangan tabel 4.1 diatas yaitu :

Ctg : *Cutting.* 150 Stp: *Stamper 150.* 60 Stp : *Stamper 60 Ton Press.*
 SG : *Sheet grinder.* TR : *Three roll.* SpW : *Spot welder.*
 SmW : *Seam welder.* F : *Flanging.* Crgt : *Corrugating.*
 DS : *Double seamer.* LT : *Leak tester.* P : *Painting.*
 BO : *Burner oven.*

Mesin-mesin tersebut tersusun dalam bentuk *flowshop* sehingga apabila terjadi kerusakan mesin dapat mengganggu keseimbangan produksi bahkan jika semua mesin yang sejenis mengalami kerusakan produksi dapat terhenti secara total.

4.12 Produksi Aspal (Januari 2005- April 2006)

Produksi aspal di PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap tidaklah selalu sama tiap bulan tetapi sesuai dengan jumlah permintaan konsumen dan kondisi mesin yang ada di area drum plant PT Pertamina UP IV Cilacap. Data ini menunjukkan produksi aspal selama 16 bulan terakhir yaitu Januari 2005-April 2006 terlihat pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Produksi aspal Januari 2005-April 2006

Kuartal	BULAN	Data Produksi (Ton)	
		Jumlah/Bln	Jumlah/kuartal
Kuartal 1	Jan-05	77.766	230.250
	Feb-05	49.409	
	Mar-05	49.021	
	Apr-05	54.054	
Kuartal 2	Mei-05	58.749	231.000
	Jun-05	62.654	
	Jul-05	54.741	
	Agust-05	54.856	
Kuartal 3	Sep-05	63.918	241.875
	Okt-05	61.928	
	Nop-05	59.600	
	Des-05	56.429	
Kuartal 4	Jan-06	56.954	225.750
	Feb-06	56.988	
	Mar-06	55.914	
	Apr-06	55.894	
Jumlah Total		928.875	928.875

Sumber: Adm. *Drum plant* PT Pertamina UP IV Cilacap, Januari 2005-April 2006

Pada tabel 4.2 terlihat bahwa jumlah produksi aspal tiap bulan mulai bulan januari 2005 sampai april 2006 terjadi penurunan produksi, hal inipun tidak terlepas dari kerusakan mesin *drum plant* di PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap.

4.13 Harga Aspal Pertamina

Harga aspal pertamina adalah sebesar US\$ 87.77 per drum. Harga aspal ini adalah harga yang ditetapkan pertamina ketika *indentor* mengambil dari *Stockyard* PT Pertamina UP IV Cilacap, harga ini dapat berubah sewaktu-waktu, pada penelitian ini menggunakan harga sebesar US\$ 87,77 per drum.

4.14 Pembelian Awal Mesin

Data ini menunjukkan daftar harga pembelian awal mesin-mesin *drum plant* terlihat pada tabel 4.3, dimana harga ini adalah harga satu paket dengan biaya pemasangan masing-masing mesin, biaya training pengoperasian masing-masing untuk pekerja.

Tabel 4.3 Harga awal pembelian mesin pada tahun 1976

NO	Nama Mesin	Harga Awal Pembelian
1	Sheet grinding machine (SG)	Rp.8.584.221.605
2	Three roll machine (TR)	Rp.7.465.944.520
3	Spot welder machine (SpW)	Rp.8.374.487.857
4	Seam welder machine (SWM)	Rp.10.144. 923.608
5	Flanging machine (F)	Rp.9.134.230.871
6	Corrugating machine (Crtg)	Rp.6.461.220.532
7	Vertical double seamer machine (DS)	Rp.11.473.866.611
8	Leak tester machine (LT)	Rp.9.511.725.400
9	Stamper 150 machine (150 TP)	Rp.12.134.453.713
10	Stamper 60 machine (60 TP)	Rp.12.146.800.500
11	Painting machine (P)	Rp.14.521.110.600
12	Drying oven (DO)	Rp.11.840.100.220
13	Cutting/shearing machine	Rp.5.103.900.170

Sumber : Bag. Keuangan PT.Pertamina UP IV Cilacap, 2006

4.15 Perubahan Mesin Yang Mengalami Perubahan Status

Untuk memahami perubahan status mesin terlebih dahulu harus memahami *state* dari kondisi mesin tersebut, dimana *state* kondisi mesin dibagi menjadi 4 bagian seperti dalam tabel 4.4. Perubahan status menggunakan model markov ini berlaku asumsi bahwa harus dilakukan inspeksi setiap akhir periode untuk menentukan *state* mesin. Dalam penelitian ini satu periode adalah selama satu minggu, asumsi lain dari model ini adalah apabila terjadi kerusakan mesin memerlukan perbaikan dan penggantian selama 1 periode, jadi misalkan mesin x rusak maka perbaikan terjadi selama satu periode baru dapat ditentukan *state* mesin tersebut, yang berarti setiap

kerusakan mesin maka produksi yang dilakukan mesin tersebut akan terhenti selama satu minggu, sehingga semakin sering mesin tersebut rusak maka perusahaan akan mengalami kerugian semakin besar. Setelah menentukan perubahan status mesin, juga ditentukan keputusan yang akan dilakukan seperti pada tabel 4.5 tidak melakukan apapun, melakukan perawatan pencegahan, melakukan perawatan korektif. Selama ini tindakan yang dilakukan perusahaan hanya melakukan perawatan korektif pada status 4.

Tabel 4.4 State kondisi mesin

No	Status	Kondisi
1	Baik	Suatu mesin dikatakan dalam kondisi baik apabila mesin tersebut dapat digunakan untuk operasi dengan ketentuan-ketentuan yang telah disetujui (baik), seperti keadaan mesin baru. Perawatan pencegahan dan pemeriksaan dilakukan supaya mesin dapat beroperasi dengan baik. Kondisi ini disebut status 1
2	Ringan	Suatu mesin dikatakan dalam kondisi kerusakan ringan apabila mesin tersebut dapat beroperasi dengan baik, tetapi kadang-kadang terjadi kerusakan-kerusakan kecil. Kerusakan yang ditimbulkan relatif ringan dengan biaya perbaikan relatif kecil. Kerusakan ringan biasanya diikuti dengan pembongkaran 2-3 unit yang kotor, dilakukan pembersihan ataupun dilakukan penggantian. Kondisi ini disebut status 2
3	Sedang	Suatu mesin dikatakan dalam kondisi kerusakan sedang apabila mesin tersebut dapat beroperasi tapi dengan keadaan yang mengkhawatirkan. Kerusakan sedang termasuk semua kegiatan yang dilakukan dalam kerusakan ringan akan tetapi pembongkaran dilakukan terhadap lebih dari 3unit. Kondisi ini disebut status 3
4	Berat	Suatu mesin dikatakan dalam kondisi kerusakan berat apabila mesin tersebut tidak dapat beroperasi sehingga proses produksi berhenti, waktu perbaikan relatif lama dengan biaya perbaikan relatif besar, dan juga diikuti dengan penggantian komponen (Overhaul). Kondisi ini disebut status 4

Sumber : Garg, 1989

Tabel 4.5 Tindakan yang diambil dalam pemeliharaan

Keputusan	Tindakan	Status
1	Tidak melakukan pemeliharaan	1,2,3
2	Melakukan pemeliharaan pencegahan (sistem kembali ke status 1)	2,3
3	Melakukan pemeliharaan korektif (sistem kembali ke status 1)	2,3,4

Sumber : Hillier dan Supandi, 1974

Dalam tabel 4.5 terlihat ada tiga keputusan yang dilakukan pada jenis-jenis status yaitu tidak melakukan pemeliharaan pada status 1,2 dan 3, melakukan pemeliharaan pencegahan pada status 2 dan 3, melakukan pemeliharaan korektif pada status 2, 3 dan 4. Karena sistem pemeliharaan yang dilakukan perusahaan adalah pemeliharaan korektif pada status 4 maka kerusakan ringan dan sedang perusahaan tidak melakukan kegiatan pemeliharaan, hal ini mengakibatkan kerugian yang cukup besar bagi perusahaan, perusahaan baru akan melakukan tindakan pemeliharaan saat mesin benar-benar berhenti beroperasi akibat kerusakan. Pemeliharaan saat ada mesin yang mengalami kerusakan ringan dan sedang perusahaan tetap terus beroperasi akibat mengejar target produksi dan pesanan akibatnya dari kerusakan ringan tersebut justru menjadi rusak sedang bahkan bisa menjadi rusak berat, apabila mesin mengalami rusak berat akan memakan waktu perbaikan yang relatif lama sehingga produksi pun akan berhenti. Data perubahan status mesin perusahaan dapat terlihat seperti pada tabel 4.6 dan tabel 4.7. Perubahan status dapat diterangkan sebagai berikut pada minggu akhir minggu ke-1 di bulan januari 2005 kuartal I ada 4 mesin dalam kondisi baik dan pada akhir minggu ke-2 di bulan januari 2005 kuartal I terjadi perubahan dari yang tadinya ada 4 mesin dalam kondisi baik menjadi hanya 2 mesin berkondisi baik, 1 mesin menjadi rusak ringan, 1 mesin menjadi rusak berat.

Tabel 4.6 Perubahan status mesin kuartal 1 dan II

Kuartal	Bulan	Minggu	Status								
			B/B	B/r	B/s	B/b	r/r	r/s	r/b	s/s	s/b

I	Jan	1-2	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0
		2-3	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1
		3-4	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0
		4-1	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	Feb	1-2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1
		2-3	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0
		3-4	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
		4-1	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0
	Mar	1-2	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0
		2-3	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
		3-4	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0
		4-1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	Apr	1-2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2-3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		3-4	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
		4-1	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0
II	Mei	1-2	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
		2-3	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1
		3-4	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0
		4-1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
	Jun	1-2	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0
		2-3	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1
		3-4	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0
		4-1	1	0	0	0	0	0	2	0	1	0
	Jul	1-2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
		2-3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3-4	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
		4-1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
	Agust	1-2	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
		2-3	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0
		3-4	0	0	0	0	2	1	0	0	1	0
		4-1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1

Sumber : Bagian *maintenance* terminal PT Pertamina UP.IV Cilacap, 2006

Tabel 4.7 Perubahan status mesin kuartal III dan IV

Kuartal	Bulan	Minggu	Status
---------	-------	--------	--------

			B/B	B/r	B/s	B/b	r/r	r/s	r/b	s/s	s/b	b/B	
III	Sep	1-2	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	
		2-3	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
		3-4	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
		4-1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	Okt	1-2	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
		2-3	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
		3-4	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0
		4-1	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
	Nop	1-2	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
		2-3	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
		3-4	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
		4-1	0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0
	Des	1-2	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1	0
		2-3	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0
		3-4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
		4-1	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
IV	Jan	1-2	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	
		2-3	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	
		3-4	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	
		4-1	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	
	Feb	1-2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	
		2-3	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
		3-4	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	
		4-1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	
	Mar	1-2	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
		2-3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	
		3-4	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	
		4-1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	
	Apr	1-2	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1	
		2-3	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	
		3-4	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	
		4-1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	

Sumber : Bagian *maintenance* terminal PT Pertamina UP IV Cilacap, 2006

Keterangan tabel 4.6 dan tabel 4.7 diatas :

B/B : Kondisi mesin dari status baik akhir minggu lalu masih tetap berstatus baik akhir minggu sekarang.

B/r : Kondisi mesin dari status baik akhir minggu lalu menjadi status kerusakan ringan akhir minggu sekarang.

- B/s : Kondisi mesin dari status baik akhir minggu lalu menjadi status kerusakan sedang akhir minggu sekarang.
- B/b : Kondisi mesin dari status baik akhir minggu lalu menjadi status kerusakan berat akhir minggu sekarang.
- r/s : Kondisi mesin dari status kerusakan ringan akhir minggu lalu menjadi berstatus kerusakan sedang akhir minggu sekarang.
- r/b : Kondisi mesin dari status kerusakan ringan menjadi akhir minggu lalu berstatus kerusakan berat akhir minggu sekarang.
- r/r : Kondisi mesin dari status kerusakan ringan akhir minggu lalu menjadi tetap berstatus ringan akhir minggu sekarang.
- s/b : Kondisi mesin dari status kerusakan sedang akhir minggu lalu menjadi berstatus kerusakan berat akhir minggu sekarang..
- s/b : Kondisi mesin dari status kerusakan sedang akhir minggu lalu menjadi berstatus kerusakan berat akhir minggu sekarang.
- s/s : Kondisi mesin dari status kerusakan sedang akhir minggu lalu menjadi tetap berstatus kerusakan Sedang akhir minggu sekarang.
- b/B : Kondisi mesin dari status kerusakan berat akhir minggu lalu menjadi berstatus baik akhir minggu sekarang.

Pada tabel 4.6 dan tabel 4.7 diatas terlihat bahwa ketika mesin dalam posisi kondisi kerusakan berat, untuk kembali ke kondisi baik membutuhkan waktu perbaikan selama 1 periode, seperti terlihat pada bulan januari 2005 minggu ke-1 terdapat mesin yang mengalami perubahan status dari kondisi baik menjadi rusak berat, pada minggu ke-2 status yang tercatat masih dalam status berat dan baru minggu ke-3 kondisi status mesin kembali ke kondisi baik, setelah mengalami perbaikan selama satu periode.

4.2 PENGOLAHAN DATA

Pada pengolahan data ini akan meliputi beberapa tahapan yang akan dijelaskan secara lebih rinci pada sub bab-bab dibawah ini.

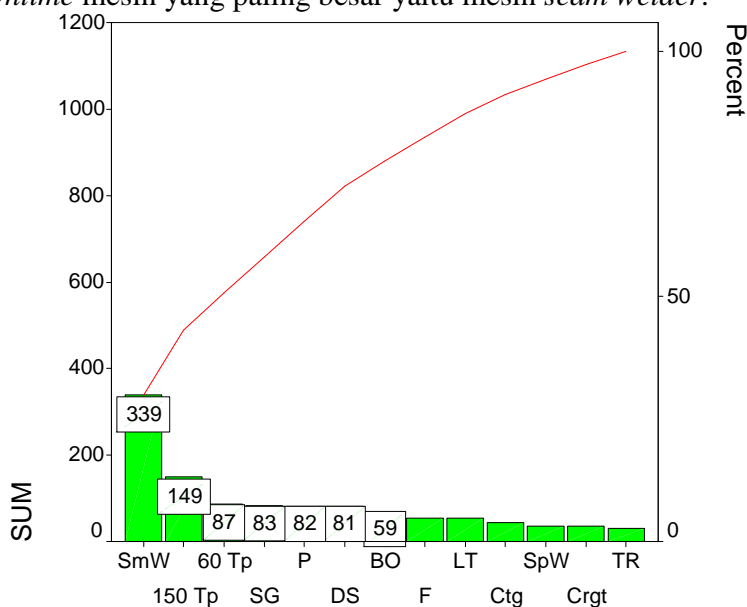
4.2.1 Penentuan Tingkat Kekritisan Mesin Dan Perhitungan *Lost Revenue*

Dalam penentuan tingkat kekritisan mesin ini didasarkan pada beberapa hal yaitu :

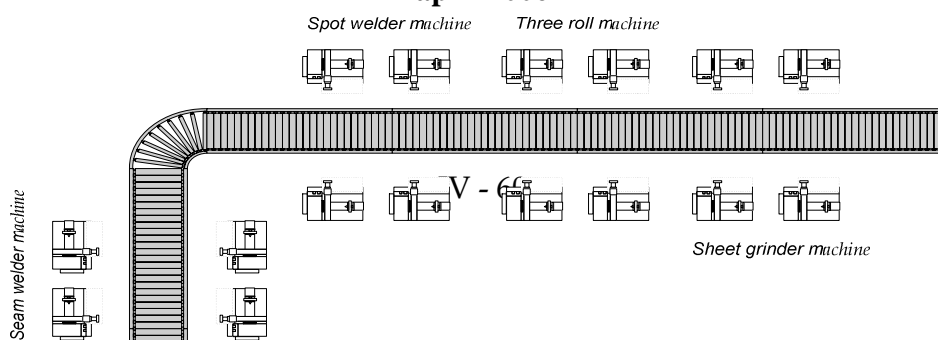
- c. *Layout* mesin, *layout* mesin pada *drum plant* area PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap disusun *flowshop* berdasarkan urutan pengerjaan dengan 4 lintasan produksi. *Layout* mesin dapat dilihat pada gambar 4.2.
- d. Lama operasi masing-masing mesin adalah sama sehingga beban masing-masingpun sama.

Dari hal tersebut maka tingkat kekritisan mesin didasarkan pada jumlah *downtime* mesin yang paling besar.

Identifikasi kerusakan ketiga belas Mesin yang ada dengan menggunakan diagram pareto. Pada gambar 4.1 dibawah ini, maka akan terlihat dengan jelas mesin yang total *downtime* mesin yang paling besar yaitu mesin *seam welder*.



Gambar 4.1 Grafik pareto data *downtime* mesin *drum plant* januari 2005- april 2006





Gambar 4.2 *Layout mesin drum plant*

Perhitungan terhadap *revenue* produksi yang hilang, didasarkan pada mesin yang total *downtime* mesinnya yang paling besar. Pengolahan pada diagram pareto menunjukkan dengan jelas bahwa *downtime* terbanyak terletak pada mesin *seam welder*. hari kerja di *drum plant* area PT Pertamina (Persero) UP IV adalah dari hari senin sampai hari jumat, mulai pukul 07.00-16.00 dan jam istirahat pada jam 12.00-13.00 atau secara matematis ada 8 jam kerja dalam waktu sehari, untuk sabtu dan minggu hanya waktu-waktu tertentu apabila diberlakukan sistem lembur akibat kekurangan *stock*. Apabila dalam waktu satu bulan adalah selama 30 hari, maka hari kerja efektif adalah $30 - (2 \times 4) = 22$ hari, dalam satu bulan kerja maka akan didapatkan $8 \text{ jam} \times 22 \text{ hari} = 176 \text{ jam}$, sehingga dalam 4 kuartal akan didapatkan perhitungan $4 \text{ kuartal} \times 176 \text{ jam} = 704 \text{ jam}$. Target produksi adalah 3000 drum/hari, yang berarti per jam mampu menghasilkan $3000 \text{ drum} / 8 \text{ jam} = 375 \text{ drum/jam}$. Untuk hasil perhitungan *revenue* produksi terdapat pada tabel 4.8 sedangkan dalam langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut.

1. Melakukan perhitungan kehilangan hari operasi yang didapatkan dengan mengurangi Jumlah jam produksi per kuartal – Jumlah jam kerusakan mesin (*downtime*) per kuartal.
2. Melakukan perhitungan Produksi aspal drum di PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap dengan rumus target produksi per hari dibagi jam kerja per hari.
3. Melakukan perhitungan kehilangan produksi (dalam drum) dengan rumus kehilangan hari operasi dikalikan produksi aspal perdrum.
4. Melakukan perhitungan biaya pokok produksi perdrum (dalam US\$) dengan rumus total komponen biaya produksi dikalikan total produksi tercapai (drum), biaya ini terdiri dari :

Asphalt crude = US\$ 21,24 per drum.

Drum sheet = US\$ 7,4 per drum.

Biaya ops = US\$ 0,97 per drum. +

Total biaya = US\$ 29,61 per drum.

5. Melakukan perhitungan produk tercapai (drum) dengan rumus target produksi (drum/kuartal) dikurangi kehilangan produksi (drum).
6. Melakukan perhitungan *revenue* (dalam US\$) dengan rumus harga jual aspal per drum (US\$) dikalikan biaya pokok produksi per drum (US\$).
7. Melakukan perhitungan margin produksi dengan rumus *revenue* dikurangi biaya pokok produksi.

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.8. untuk *revenue* produksi yang hilang akibat kerusakan mesin *seam welder* dapat dilakukan dengan perhitungan berikut ini. *Revenue* produksi yang hilang akibat mesin *seam welder* yaitu :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Kehilangan produksi rata-rata karena mesin } \textit{Seam welder} \times \text{harga aspal drum} \\
 &= 84,75 \text{ jam} \times 375 \text{ drum/jam} \times 8 \text{ jam/hari} \times \text{US\$ } 87,77/ \text{ drum} \\
 &= \text{US\$ } 22.315.523
 \end{aligned}$$

Margin produksi yang hilang akibat rusaknya mesin *seam welder* dapat dilakukan dengan perhitungan berikut ini. Margin produksi yang hilang akibat mesin *seam welder* yaitu :

$$\begin{aligned}
 &= \textit{Revenue} \text{ produksi karena mesin } \textit{seam welder} - \text{biaya pokok produksi} \\
 &= \text{US\$ } 22.315.523 - (\text{US\$ } 29,61 \times (84,75 \times 3000)) \\
 &= \text{US\$ } 22.315.523 - \text{US\$ } 7.528.342,5 \\
 &= \text{US\$ } 14.787.181
 \end{aligned}$$

Tabel 4.8 Perhitungan *revenue* produksi

Kuartal	<i>Lost day</i> (jam)	Prod (drum/jam)	Target(drum)	Lost Prod(drum)	Prod.tercapai (drum/hari)	Biaya prod/drum (US\$)	Harga jual	Revenue	Margin prod
1	90	375	264.000	33.750	230.250	6817702,5	87,77	20209043	13391340
2	88	375	264.000	33.000	231.000	6839910	87,77	20274870	13434960
3	59	375	264.000	22.125	241.875	7161918,75	87,77	21229369	14067450
4	102	375	264.000	38.250	225.750	6684457,5	87,77	19814078	13129620

Sumber : Data diolah 2006

Pada tabel 4.8 terlihat bahwa dari target yang telah ditetapkan per kuartal tidak ada yang tercapai, hal ini jelas disebabkan karena terdapat mesin dengan *downtime* mesin yang cukup besar yaitu pada mesin *seam welder*. Setelah melakukan perhitungan *revenue* produksi perlu diketahui sistem pemeliharaan dan karakteristik sistem produksi sehingga ketika melakukan perhitungan kebijakan dapat dilakukan sesuai dengan kondisi sistem yang ada di perusahaan.

4.2.2 Identifikasi Karakteristik Sistem Produksi Dan Pemeliharaan Yang Ada Di Perusahaan.

Karakteristik sistem produksi dan pemeliharaan *drum plant* PT Pertamina (Persero) UP IV Cilacap yaitu :

1. Pola produksinya adalah *Make to stock* dan *Make to order*.
2. Hari kerja Senin sampai dengan Jumat mulai pukul 07.00 – 16.00 atau selama 8 jam dengan jam istirahat pada Jam 12.00-13.00. Jika ada kekurangan stock diadakan lembur di hari sabtu dan minggu,. Jadi dengan asumsi 1 bulan 30 hari, maka hari kerja efektif adalah $30 - (2 \times 4) = 22$ hari. dalam 1 bulan jam kerja adalah $= 8 \times 22 = 176$ jam.
3. Perbaikan hanya dilakukan perusahaan apabila mesin dalam keadaan rusak berat atau pada status 4.
4. Perbaikan dan pemeliharaan dilakukan oleh teknisi perusahaan tetapi untuk TLC (*Tightening, Lubrication, Cleaning*) dilakukan oleh pekerja
5. Proses produksi *drum plant* adalah *flow shop* karena setiap *part* membutuhkan urutan proses yang sama, sehingga dalam sistem tersebut mesin-mesin akan disusun secara seri berdasarkan urutan proses setiap *part*
6. Dari 13 jenis mesin yang ada semuanya disusun seri dengan jumlah mesin 4 yang berpasangan, sehingga jika salah satu mesin rusak maka produksi terganggu dan untuk kejadian khusus dapat juga terhenti.
7. Perusahaan mempunyai cadangan *spare part* karena didalam negeri tidak tersedia sehingga harus mengimpor dari luar negeri, tetapi terkadang masih harus

menunggu dari pihak *supplier* jika terdapat *spare part* yang tidak tersedia di gudang.

4.2.3 Perhitungan Kebijakan Pemeliharaan Preventif Korektif Dengan Menggunakan Metode *Markov*

Pada penelitian ini akan menggunakan pendekatan metode *markov* dalam analisis kebijakan pemeliharaan dengan menggunakan bantuan matrik probabilitas transisi. Matriks probabilitas transisi ini berasal dari data perubahan status mesin dalam hal ini adalah mesin *seam welder*, tabel probabilitas transisi mesin *seam welder* seperti yang terlihat pada tabel 4.9 dan tabel 4.10. Tindakan pemeliharaan yang dilakukan perusahaan adalah melakukan pemeliharaan korektif (sistem kembali ke status 1). Pemeliharaan korektif adalah pemeliharaan ataupun perbaikan yang dilakukan setelah mesin mengalami kerusakan.

4.2.4 Perhitungan Probabilitas Transisi

Sebelum dilakukan perhitungan probabilitas status perlu ditentukan terlebih dahulu besarnya probabilitas transisi status jumlah mesin-mesin yang mengalami transisi status, yang kemudian dibentuk matrik transisi awal yang merupakan pemeliharaan yang dilakukan perusahaan.

Tabel 4.9 Probabilitas transisi mesin *seam welder* kuartal I dan II

Kuartal	Bulan	Minggu	Status									
			B/B	B/r	B/s	B/b	r/r	r/s	r/b	s/s	s/b	b/B
I	Jan	1-2	2/4	1/4	0	1/4	0	0	0	0	0	0
		2-3	2/2	0	0	0	1/1	0	0	0	0	1/1
		3-4	2/3	1/3	0	0	1/1	0	0	0	0	0
		4-1	2/2	0	0	0	0	1/2	1/2	0	0	0
	Feb	1-2	2/2	0	0	0	0	0	0	1/1	0	1/1
		2-3	2/3	0	1/3	0	0	0	0	0	1/1	0
		3-4	1/2	1/2	0	0	0	0	0	1/1	0	1/1
		4-1	2/2	0	0	0	1/1	0	0	1/1	0	0
	Mar	1-2	1/2	0	1/2	0	1/1	0	0	0	1/1	0
		2-3	1/1	0	0	0	0	1/1	0	1/1	0	1/1
		3-4	2/2	0	0	0	0	0	0	0	2/2	0
		4-1	2/2	0	0	0	0	0	0	0	0	2/2
	Apr	1-2	4/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2-3	3/4	1/4	0	0	0	0	0	0	0	0
		3-4	1/3	1/3	1/3	0	1/3	0	0	0	0	0
		4-1	1/1	0	0	0	2/2	0	0	0	1/1	0
II	Mei	1-2	1/1	0	0	0	1/1	0	1/1	0	0	1/1
		2-3	2/2	0	0	0	0	1/1	0	0	0	1/1
		3-4	1/3	1/3	0	1/3	0	0	0	1/3	0	0
		4-1	1/1	0	0	0	1/1	0	0	1/1	0	1/1
	Jun	1-2	2/2	0	0	0	1/1	0	0	0	1/1	0
		2-3	0	1/2	1/2	0	1/1	0	0	0	0	1/1
		3-4	1/1	0	0	0	2/2	0	0	1/1	0	0
		4-1	1/1	0	0	0	0	0	2/2	0	1/1	0
	Jul	1-2	1/1	0	0	0	0	0	0	0	0	3/3
		2-3	4/4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		3-4	1/4	1/4	1/4	1/4	0	0	0	0	0	0
		4-1	1/1	0	0	0	1/2	1/2	0	0	0	1/1
	Agust	1-2	1/2	1/2	0	0	1/1	0	0	1/1	0	0
		2-3	0	1/1	0	0	2/2	0	0	1/1	0	0
		3-4	0	0	0	0	2/3	1/3	0	0	1/1	0
		4-1	0	0	0	0	1/2	0	1/2	1/1	0	1/1

Sumber : Data diolah, 2006

Nilai probabilitas transisi pada tabel 4.9 didapatkan dengan melihat probabilitas perubahan status, sebagai contoh di bulan januari 2005 diminggu pertama pada kondisi B/B angka 2/4 menunjukkan ada 2 mesin dari 4 mesin yang ada tetap dalam kondisi baik.

Tabel 4.10 Probabilitas transisi mesin *seam welder* Kuartal III dan IV

Kuartal	Bulan	Minggu	Status									
			B/B	B/r	B/s	B/b	r/r	r/s	r/b	s/s	s/b	b/B
III	Sep	1-2	1/1	0	0	0	1/1	0	0	0	1/1	1/1
		2-3	2/2	0	0	0	0	1/1	0	0	0	1/1
		3-4	3/3	0	0	0	0	0	0	0	1/1	0
		4-1	3/3	0	0	0	0	0	0	0	0	1/1
	Okt	1-2	1/4	2/4	1/4	0	0	0	0	0	0	0
		2-3	1/1	0	0	0	2/2	0	0	0	1/1	0
		3-4	1/1	0	0	0	2/2	0	0	0	0	1/1
		4-1	2/2	0	0	0	2/2	0	0	0	0	0
	Nop	1-2	2/2	0	0	0	0	1/2	1/2	0	0	0
		2-3	1/2	1/2	0	0	0	0	0	1/1	0	1/1
		3-4	1/2	0	1/2	0	1/1	0	0	1/1	0	0
		4-1	0	1/1	0	0	0	0	1/1	2/2	0	0
	Des	1-2	0	0	0	0	1/1	0	0	0	2/2	1/1
		2-3	1/1	0	0	0	0	0	1/1	0	0	2/2
		3-4	3/3	0	0	0	0	0	0	0	0	1/1
		4-1	1/4	2/4	1/4	0	0	0	0	0	0	0
IV	Jan	1-2	1/1	0	0	0	2/2	0	0	0	0	1/1
		2-3	1/2	1/2	0	0	2/2	0	0	0	0	0
		3-4	1/1	0	0	0	3/3	0	0	0	0	0
		4-1	0	1/1	0	0	1/3	0	2/3	0	0	0
	Feb	1-2	0	0	0	0	2/2	0	0	0	0	2/2
		2-3	2/2	0	0	0	1/2	1/2	0	0	0	0
		3-4	0	2/2	0	0	0	0	1/1	0	1/1	0
		4-1	0	0	0	0	2/2	0	0	0	0	2/2
	Mar	1-2	2/2	0	0	0	0	0	2/2	0	0	0
		2-3	0	1/2	1/2	0	0	0	0	0	0	2/2
		3-4	2/2	0	0	0	1/1	0	0	1/1	0	0
		4-1	0	1/2	1/2	0	1/1	0	0	0	1/1	0
	Apr	1-2	0	0	0	0	2/2	0	0	1/1	0	1/1
		2-3	1/1	0	0	0	1/2	1/2	0	1/1	0	0
		3-4	0	0	1/1	0	1/1	0	0	0	2/2	0
		4-1	0	0	0	0	1/2	1/2	0	0	0	2/2

Sumber : Data diolah, 2006

Nilai Probabilitas transisi pada tabel 4.10 didapatkan dengan melihat probabilitas perubahan status, sebagai contoh di bulan oktober 2005 diminggu pertama pada kondisi B/B angka 1/4 menunjukkan ada 1 mesin dari 4 mesin yang ada tetap dalam kondisi baik.

Tabel 4.11 Probabilitas transisi total mesin *seam welder*

Prob	Status									
	B/B	B/r	B/s	B/b	r/r	r/s	r/b	s/s	s/b	b/b
Total	0,641	0,16	0,077	0,013	0,482	0,099	0,128	0,25	0,219	0,406

Sumber : Data diolah, 2006

Pada tabel 4.11 angka 1 pada kuartal 1 minggu ke-3-4 bulan April 2005 pada status B/r menunjukkan jumlah mesin yang mengalami perubahan status dari kondisi baik menjadi kondisi kerusakan ringan, sedangkan angka 3 menunjukkan jumlah dari semua mesin yang sebelumnya berstatus baik mengalami perubahan status ke kondisinya setelahnya. Contoh perhitungan probabilitas B/B. Untuk probabilitas transisi B/B

$$= \frac{2/4 + 2/2 + 2/3 + 2/2 + 2/2 + 2/3 + 1/2 + 2/2 + 1/2 + 1/1 + 2/2 + 2/2 + \dots + 0}{64}$$

$$= \frac{41}{64}$$

$$= 0,641$$

Matrik transisi mesin *seam welder* yang merupakan pemeliharaan yang dilakukan perusahaan adalah

Tabel 4.12 Matriks transisi mesin *seam welder*

i \ j	Mesin 1	Mesin 2	Mesin 3	Mesin 4
1	0,641	0,160	0,077	0,013
2	0	0,482	0,099	0,128
3	0	0	0,250	0,219
4	0	0	0	0,406

Sumber : Data diolah, 2006

Pada tabel 4.12 Angka 0,641 pada kolom 1 baris 1 menunjukkan probabilitas mesin yang sebelumnya berstatus baik masih tetap berstatus baik, angka 0,219 pada kolom 4 baris 3 menunjukkan probabilitas mesin yang sebelumnya berstatus kerusakan sedang mengalami perubahan status menjadi status kerusakan berat.

4.2.5 Alternatif Perencanaan Kebijakan Pemeliharaan

Setelah didapatkan nilai probabilitas transisinya maka langkah selanjutnya adalah memasukkan nilai tersebut pada alternatif perencanaan pemeliharaan. Dalam pengambilan kriteria alternatif keputusan dikenal istilah proposal. Proposal merupakan sebuah alat untuk mengubah lingkungan secara fisik untuk mencapai tujuan tertentu. Sedangkan istilah proposal investasi memiliki arti suatu usaha tunggal atau proyek yang sedang dipertimbangkan sebagai kemungkinan investasi. Proposal yang bersifat keteknikan dapat berdiri sendiri (*Independent*), *mutually exclusive*, atau *contingent*. Suatu proposal dikatakan bersifat *independent* apabila penerimaan terhadap proposal tersebut tidak memiliki efek pada penerimaan terhadap proposal yang lain dalam suatu konteks masalah yang sama. Suatu contoh yaitu proposal dalam mempertimbangkan pembelian mesin milling, sistem keamanan, perabot kantor, dan fork lift. Masing-masing proposal tersebut dipertimbangkan secara sendiri-sendiri (*independent*). Berikutnya suatu proposal akan dikatakan bersifat *mutually exclusive* apabila proposal tersebut berada dalam suatu kelompok proposal yang dipertimbangkan memiliki hubungan erat satu sama lain sehingga penerimaan terhadap satu proposal dalam kelompok proposal tersebut akan menghalangi penerimaan terhadap proposal lain yang berada dalam kelompok proposal tersebut. Proposal *mutually exclusive* biasanya terbentuk ketika pengambil keputusan mencoba memenuhi suatu kebutuhan dan ada beberapa proposal yang bermacam, yang masing-masing akan memenuhi kebutuhan tersebut. Sebagai contoh yaitu apabila seorang kontraktor pembangunan jalan membutuhkan perangkat pengolah material untuk beton. Ada beberapa jenis perangkat yang diusulkan, masing-masing dapat melaksanakan fungsi tersebut. Pemilihan proposal tersebut bersifat *mutually exclusive*

karena terpilihnya satu perangkat menyebabkan proposal terhadap perangkat-perangkat lain menjadi tidak berarti lagi. Sedangkan suatu proposal akan dikatakan bersifat *contingent* apabila penerimaan proposal tersebut tergantung terhadap penerimaan proposal lain. Sebagai contoh yaitu pembelian suatu software komputer bersifat *contingent* terhadap pembelian hardware komputer apabila belum terdapat komponen tersebut karena software komputer tidak akan berfungsi tanpa adanya hardware komputer.

Setelah semua alternatif dimunculkan, selanjutnya dilakukan identifikasi terhadap alternatif-alternatif tersebut apakah *feasible* atau *infeasible*. Langkah ini merupakan suatu cara untuk menyeleksi awal keseluruhan alternatif dengan berdasarkan sifat keteknikan yaitu sebagaimana dijelaskan pada paragraf sebelumnya mengenai sifat-sifat dan proposal. Dalam melakukan perbandingan alternatif proposal dilakukan dengan pendekatan *independent* karena proposal yang satu dengan yang lain tidak saling bergantung.

Untuk menyusun alternatif perencanaan akan dilakukan langkah-langkah yaitu :

1. Langkah Pertama adalah melakukan pembangkitan maksimal alternatif kebijakan pemeliharaan pada empat status mesin dan tiga tindakan pemeliharaan yang dilakukan. Hasil pembangkitan didapatkan $2 \times 3 \times 3 \times 3 = 54$ alternatif pemeliharaan. Untuk kemungkinan alternatif kebijakan pemeliharaan dapat dilihat pada tabel 4.13 dibawah ini.

Tabel 4.13 Tindakan pemeliharaan

Status	Tindakan pemeliharaan
Baik (Status 1)	<i>No Action</i> dan Preventif
Ringan (Status 2)	<i>No Action</i> , Preventif, Korektif
Sedang (Status 3)	<i>No Action</i> , Preventif, Korektif
Berat (Status 4)	<i>No Action</i> , Preventif, Korektif

Sumber : Data diolah, 2006

Pada tabel 4.13 terlihat ada 2 tindakan pemeliharaan pada status 1 dan masing-masing 3 tindakan pemeliharaan pada status rusak ringan, rusak sedang, rusak berat. Untuk perincian ke-54 alternatif terdapat pada lampiran 3

2. Langkah kedua adalah melakukan penyeleksian alternatif kebijakan pemeliharaan disesuaikan dengan kondisi perusahaan, karena pada status ringan tidak mungkin untuk melakukan tindakan korektif sehingga tindakan pemeliharaan pada status rusak ringan menjadi tidak melakukan tindakan apapun dan pemeliharaan preventif. Pada status rusak sedang karena tidak mungkin jika tidak melakukan tindakan apapun maka tindakan pemeliharaannya menjadi preventif dan korektif sedangkan untuk status rusak berat tidak mungkin jika tidak melakukan tindakan pemeliharaan apapun dan preventif karena seharusnya keadaan status rusak berat pasti akan dilakukan tindakan korektif. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka alternatif pemeliharaan yang akan diusulkan menjadi hanya 9 alternatif dari 54 alternatif sebelumnya. Sembilan alternatif tersebut tampak pada tabel 4.14 dibawah ini.

Tabel 4.14 Alternatif kebijakan pemeliharaan

NO	Alternatif	P1	P2	P3	P4	Feasible ?	Keterangan
1	A0	0	0	0	0	Y	tidak melakukan apapun
2	A6	1	1	1	0	Y	preventif 1,2,3
3	A11	0	1	1	0	Y	preventif 2,3
4	A23	0	0	2	2	Y	korektif 3,4
5	A30	2	1	0	0	Y	korektif 4, preventif 2
6	A33	0	0	1	2	Y	korektif 4, preventif 3
7	A34	0	1	2	0	Y	korektif 3, preventif 2
8	A35	1	1	0	2	Y	preventif 2,3 korektif 4
9	A36	1	1	2	2	Y	preventif 2 dan korektif 3,4

Sumber : Data diolah 2006

Pada tabel 4.14 terlihat ada 9 kebijakan pemeliharaan yang *feasible*, angka 0 pada tabel 4.14 adalah tidak melakukan apapun, angka 1 melakukan tindakan preventif dan angka 2 melakukan tindakan korektif. Pada alternatif A0 tidak melakukan apapun yang berarti pada keempat status yaitu status baik (P1), status ringan (P2), status sedang (P3), status berat (P4) tindakan pemeliharaan yang diambil adalah tidak melakukan apapun sehingga matriks probabilitasnya pun sama dengan keadaan mesin

probabilitas awal, sehingga dari 9 alternatif kemudian akan menjadi 8 alternatif kebijakan pemeliharaan. Dari 8 alternatif kebijakan pemeliharaan akan diambil kebijakan pemeliharaan yang mempunyai biaya pemeliharaan terkecil sebagai kebijakan pemeliharaan yang diusulkan. Delapan belas alternatif perencanaan pemeliharaan dengan asumsi apabila dilakukan pemeliharaan adalah sebagai berikut :

1. Kebijakan 1 pemeliharaan preventif pada status 1,2,3

Tabel 4.15 Tindakan pemeliharaan

Status	Tindakan Pemeliharaan
1	<i>Preventif</i>
2	<i>Preventif</i>
3	<i>Preventif</i>
4	<i>No Action</i>

Sumber : Data diolah, 2006

Pada tabel 4.15 ada 3 tindakan pemeliharaan yang akan dilakukan berdasarkan status mesin yaitu pemeliharaan preventif pada status 1, status 2, status 3 sedangkan status 4 tidak melakukan tindakan apa-apa.

Tabel 4.16 Pemeliharaan preventif pada status 1 2,3

<i>i</i> \ <i>j</i>	1	2	3	4
1	1	0	0	0
2	1	0	0	0
3	1	0	0	0
4	0	0	0	P_{44}

Sumber : Data diolah, 2006

Pada tabel 4.16 terlihat bahwa terjadi perubahan status menjadi status baik atau normal (angka 1) karena dilakukan pemeliharaan korektif pada status 2, status 3 dan status 4.

2. Kebijakan 2 pemeliharaan preventif pada status 2 dan status 3.

Tabel 4.17 Tindakan pemeliharaan

Status	Tindakan Pemeliharaan
1	<i>No Action</i>
2	<i>Preventif</i>
3	<i>Preventif</i>
4	<i>No Action</i>

Sumber : Data diolah, 2006

Pada tabel 4.17 ada 3 tindakan pemeliharaan yang akan dilakukan berdasarkan status mesin yaitu pemeliharaan preventif pada status 2 dan status 3 sedangkan status 1 dan status 4 tidak melakukan tindakan apa-apa.

Tabel 4.18 Pemeliharaan preventif pada status 2 dan status 3

i \ j	1	2	3	4
1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}
2	1	0	0	0
3	1	0	0	0
4	0	0	0	P_{44}

Sumber : Data diolah, 2006

Pada tabel 4.18 terlihat bahwa terjadi perubahan status menjadi status baik atau normal (angka 1) karena dilakukan pemeliharaan preventif pada status 2 dan status 3.

3. Kebijakan 3 pemeliharaan korektif pada status 3 dan status 4

Tabel 4.19 Tindakan pemeliharaan

Status	Tindakan pemeliharaan
1	<i>No Action</i>
2	<i>No Action</i>
3	<i>Corrective</i>
4	<i>Corrective</i>

Sumber : Data diolah, 2006

Pada tabel 4.19 ada 2 tindakan pemeliharaan yang akan dilakukan berdasarkan status mesin yaitu korektif pada status 3 dan status 4 sedangkan status 1 dan status 2 tidak melakukan tindakan apa-apa.

Tabel 4.20 Pemeliharaan korektif pada status 3 dan 4

$i \backslash j$	1	2	3	4
1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}
2	0	P_{22}	P_{23}	P_{24}
3	1	0	0	0
4	1	0	0	0

Sumber : Hillier ,1974

Pada tabel 4.20 terlihat bahwa terjadi perubahan status menjadi status baik atau normal (angka 1) karena dilakukan kebijakan pemeliharaan korektif pada status 3 dan status 4.

4. Kebijakan 4 pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif 2.

Tabel 4.21 Tindakan pemeliharaan

Status	Tindakan Pemeliharaan
1	<i>No Action</i>
2	<i>Preventif</i>
3	<i>No Action</i>
4	<i>Corrective</i>

Sumber : Data diolah, 2006.

Pada tabel 4.21 ada 2 tindakan pemeliharaan yang akan dilakukan berdasarkan status mesin yaitu pemeliharaan preventif pada status 3 dan pemeliharaan korektif pada status 4, sedangkan status 1 tidak melakukan tindakan apa-apa.

Tabel 4.22 Pemeliharaan korektif pada status 4 dan preventif 2.

$i \backslash j$	1	2	3	4
1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}
2	1	0	0	0
3	0	0	P_{33}	P_{34}
4	1	0	0	0

Sumber : Data diolah, 2006.

Pada tabel 4.22 terlihat bahwa terjadi perubahan status menjadi status baik atau normal (angka 1) karena dilakukan pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2.

5. Kebijakan 5 pemeliharaan korektif pada status 4 dan preventif 3

Tabel 4.23 Tindakan pemeliharaan

Status	Tindakan Pemeliharaan
1	<i>No Action</i>
2	<i>No Action</i>
3	<i>Preventif</i>
4	<i>Corrective</i>

Sumber : Data diolah, 2006

Pada tabel 4.23 ada 2 tindakan pemeliharaan yang akan dilakukan berdasarkan status mesin yaitu preventif pada status 3 dan korektif pada status 4 sedangkan status 1 dan status 2 tidak melakukan tindakan apa-apa.

Tabel 4.24 Pemeliharaan korektif pada status 4 dan preventif 3

$i \backslash j$	1	2	3	4
1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}
2	0	P_{22}	P_{23}	P_{24}
3	1	0	0	0
4	1	0	0	0

Sumber : Hillier, 1974

Pada tabel 4.24 terlihat bahwa terjadi perubahan status menjadi status baik atau normal (angka 1) karena dilakukan kebijakan pemeliharaan preventif pada status 3 dan korektif pada status 4.

6. Kebijakan 6 pemeliharaan korektif pada status 3 dan preventif 2

Tabel 4.25 Tindakan pemeliharaan

Status	Tindakan Pemeliharaan
1	<i>No Action</i>
2	<i>Preventif</i>
3	<i>Corrective</i>
4	<i>No Action</i>

Sumber : Data diolah, 2006

Pada tabel 4.25 ada 2 tindakan pemeliharaan yang akan dilakukan berdasarkan status mesin yaitu pemeliharaan korektif pada status 3 dan preventif 2 sedangkan status 1 dan status 4 tidak melakukan tindakan apa-apa.

Tabel 4.26 Pemeliharaan korektif pada status 3 dan preventif status 2

<i>i</i> \ <i>j</i>	1	2	3	4
1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}
2	1	0	0	0
3	1	0	0	0
4	0	0	0	P_{44}

Sumber : Data diolah, 2006

Pada tabel 4.26 terlihat bahwa terjadi perubahan status menjadi status baik atau normal (angka 1) karena dilakukan pemeliharaan korektif pada status 3 dan preventif pada status 2.

7. Kebijakan 7 pemeliharaan korektif pada status 4 dan preventif pada status 2,3

Tabel 4.27 Tindakan pemeliharaan

Status	Tindakan Pemeliharaan
1	<i>No Action</i>
2	<i>Preventif</i>
3	<i>Preventif</i>
4	<i>Corrective</i>

Sumber : Data diolah, 2006

Pada tabel 4.27 ada 3 tindakan pemeliharaan yang akan dilakukan berdasarkan status mesin yaitu pemeliharaan korektif pada status 4, preventif pada status 2 dan status 3 sedangkan status 1 tidak melakukan tindakan apa-apa.

Tabel 4.28 Pemeliharaan korektif pada status 4 dan preventif pada status 2, 3

<i>i</i> \ <i>j</i>	1	2	3	4
1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}
2	1	0	0	0
3	1	0	0	0
4	1	0	0	0

Sumber : Hillier, 1974

Pada tabel 4.28 terlihat bahwa terjadi perubahan status menjadi status baik atau normal (angka 1) karena dilakukan pemeliharaan korektif pada status 4, pemeliharaan preventif pada status 2 dan status 3.

8. Kebijakan 8 pemeliharaan korektif pada status 3,4 dan preventif pada status 2

Tabel 4.29 Tindakan pemeliharaan

Status	Tindakan Pemeliharaan
1	<i>No Action</i>
2	<i>Preventif</i>
3	<i>Corrective</i>
4	<i>Corrective</i>

Sumber : Data diolah, 2006

Pada tabel 4.29 ada 3 tindakan pemeliharaan yang akan dilakukan berdasarkan status mesin yaitu korektif pada status 3, status 4 dan preventif pada status 2 sedangkan status 1 tidak melakukan tindakan apa-apa.

Tabel 4.30 Pemeliharaan korektif pada status 3,4 dan preventif pada status 2

<i>i</i> \ <i>j</i>	1	2	3	4
1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}
2	1	0	0	0
3	1	0	0	0
4	1	0	0	0

Sumber : Hillier, 1974

Pada tabel 4.0 terlihat bahwa terjadi perubahan status menjadi status baik atau normal (angka 1) karena dilakukan kebijakan pemeliharaan korektif pada status 3, status 4 dan preventif pada status 2.

4.2.6 Probabilitas Stasioner Kondisi Awal Mesin

Setelah melakukan delapan perencanaan pemeliharaan langkah selanjutnya adalah menentukan probabilitas kondisi awal mesin. Pada mesin seam welder setiap *stationary policy* akan berkaitan dengan matriks transisi dan matrik biaya yang berbeda, yang pada umumnya dapat dibentuk dan matriks P^1, P^2, R^1, R^2 . dan di bawah ini adalah Probabilitas stasioner kondisi awal mesin seam welder.

$$P_0 = \begin{pmatrix} 0,641 & 0,160 & 0,077 & 0,013 \\ 0 & 0,482 & 0,099 & 0,128 \\ 0 & 0 & 0,250 & 0,219 \\ 0 & 0 & 0 & 0,406 \end{pmatrix}$$

Pertama-tama nilai probabilitas stasioner yang dimaksud dinyatakan dengan simbol μ . Dengan demikian maka probabilitas stasioner kondisi mesin dalam porsi desimal yaitu :

$$\mu = [\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4]$$

keterangan ;

μ = vektor dan probabilitas status

μ_1 = nilai dan kondisi status 1.

μ_2 = nilai dan kondisi status 2.

μ_3 = nilai dan kondisi status 3.

μ_4 = nilai dan kondisi status 4.

dengan ; $\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4 = 1$Persamaan (4.1)

pada matrik diatas dapat dilakukan perhitungan terhadap kebijakan yang akan dilakukan oleh perusahaan, untuk langkah pertama adalah menentukan probabilitas stasioner kondisi awal mesin seam welder yaitu :

1. $\mu_1 = 0,641 \mu_1 + 0 \mu_2 + 0 \mu_3 + 0 \mu_4$(1)

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom pertama matrik probabilitas stasioner kondisi awal mesin (P_0).

2. $\mu_2 = 0,160\mu_1 + 0,482\mu_2 + 0\mu_3 + 0\mu_4$

$\mu_2 - 0,482\mu_2 = 0,160\mu_1$

$0,518 \mu_2 = 0,160\mu_1$

$\mu_2 = 0,160/0,518\mu_1$

$\mu_2 = 0,30888\mu_1$(2)

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom kedua matrik probabilitas stasioner kondisi awal mesin (P_0).

3. $\mu_3 = 0,077\mu_1 + 0,099\mu_2 + 0,250\mu_3 + 0\mu_4$

$1\mu_3 - 0,250\mu_3 = 0,077 \mu_1 + 0,099\mu_2$

$0,750\mu_3 = 0,077\mu_1 + 0,099 (0,30888\mu_1)$

$0,750 \mu_3 = 0,077 \mu_1 + 0,030579\mu_1$

$0,750 \mu_3 = 0,107579\mu_1$

$\mu_3 = 0,107579/0,750 \mu_1$

$$\mu_3 = 0,143439 \mu_1 \dots\dots\dots(3)$$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom ketiga matrik probabilitas stasioner kondisi awal mesin (P_o).

$$4. \mu_4 = 0,013\mu_1 + 0,128\mu_2 + 0,219\mu_3 + 0,406 \mu_4$$

$$\mu_4 - 0,406\mu_4 = 0,013 \mu_1 + 0,128 (0,30888\mu_1) + 0,219 (0,143439\mu_1)$$

$$0,594 \mu_4 = 0,013 \mu_1 + 0,039537\mu_1 + 0,031413\mu_1$$

$$0,594\mu_4 = 0,08395 \mu_1$$

$$\mu_4 = 0,14133 \mu_1 \dots\dots\dots(4)$$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom keempat matrik probabilitas stasioner kondisi awal mesin (P_o).

5 Dengan melakukan substitusi pada keempat persamaan diatas dengan persamaan 4.1 maka $1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4 = 1$, dari persamaan 1, 2, 3 dan 4 akan didapatkan

$$\mu_1 + 0,30888\mu_1 + 0,143439\mu_1 + 0,14133 \mu_1 = 1$$

$$1,593649 \mu_1 = 1$$

$\mu_1 = 0,627491$, maka untuk μ_2, μ_3, μ_4 dapat dicari dan hasilnya adalah

$$\mu_2 = 0,193819$$

$$\mu_3 = 0,090007$$

$$\mu_4 = 0,088683$$

Pada hasil probabilitas stasioner kondisi awal mesin terlihat bahwa hanya nilai μ_1 yang mempunyai nilai yang signifikan yaitu sebesar 0.627491.

4.2.7 Probabilitas Stasioner Delapan Alternatif Kebijakan Pemeliharaan

Berdasarkan perencanaan kebijakan pemeliharaan di atas, terdapat 8 kebijakan pemeliharaan untuk melakukan tindakan pemeliharaan mesin. Setiap kebijakan dilakukan perhitungan dari masing-masing probabilitas tindakan pemeliharaan, sehingga diperoleh probabilitas stasionernya.

A. Usulan Perencanaan Pemeliharaan Pada Mesin Seam Welder

1. Pemeliharaan preventif status 1, status 2 status 3

$$P_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.406 \end{pmatrix}$$

maka dapat dilakukan perhitungan dibawah ini :

a. $\mu_1 = 1 \mu_1 + 1 \mu_2 + 1 \mu_3 + 0 \mu_4 \dots\dots\dots(1)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom pertama matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan preventif 1,2,3 pada mesin seam welder (P_1)

b. $\mu_2 = 0 \mu_1 + 0\mu_2 + 0\mu_3 + 0\mu_4$

$$\mu_2 = 0 \dots\dots\dots(2)$$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom kedua matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan pemeliharaan preventif 1,2,3 pada mesin *seam welder* (P_1)

c. $\mu_3 = 0 \mu_1 + 0 \mu_2 + 0 \mu_3 + 0 \mu_4$

$1 \mu_3 = 0 \dots \dots \dots (3)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom ketiga matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan pemeliharaan preventif 1,2,3 pada mesin *seam welder* (P_1)

d. $\mu_4 = 0 \mu_1 + 0 \mu_2 + 0 \mu_3 + 0.406 \mu_4$

$\mu_4 - 0.406 \mu_4 = 0$

$0.594 \mu_4 = 0 \mu_1$

$\mu_4 = 0 \mu_1 \dots \dots \dots (4)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom keempat matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan pemeliharaan preventif 1,2,3 pada mesin *seam welder* (P_1)

e. Dengan melakukan substitusi pada keempat persamaan diatas dengan persamaan 4.1 maka $\mu_1 + 0 + 0 + 0 \mu_1 = 1$

$\mu_1 = 1$

$\mu_1 = 1$, maka untuk μ_2, μ_3, μ_4 dapat dicari dan hasilnya adalah

$\mu_2 = 0$

$\mu_3 = 0$

$\mu_4 = 0$

Probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan pemeliharaan preventif 1,2,3 pada mesin *seam welder* terlihat bahwa hanya nilai μ_1 yang mempunyai nilai yang signifikan yaitu sebesar 1.

2. Pemeliharaan preventif status 2 dan preventif status 3

$$P_2 = \begin{pmatrix} 0,641 & 0,160 & 0,077 & 0,013 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,406 \end{pmatrix}$$

maka dapat dilakukan perhitungan dibawah ini :

a. $\mu_1 = 0,641 \mu_1 + 1 \mu_2 + 1 \mu_3 + 0 \mu_4 \dots \dots \dots (1)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom pertama matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan preventif status 2 dan preventif status 3 pada mesin *seam welder* (P_2)

b. $\mu_2 = 0,160 \mu_1 + 0 \mu_2 + 0 \mu_3 + 0 \mu_4$

$\mu_2 = 0,160 \mu_1 \dots \dots \dots (2)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom kedua matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan preventif status 2 dan preventif status 3 pada mesin *seam welder* (P_2)

c. $\mu_3 = 0,077 \mu_1 + 0 \mu_2 + 0 \mu_3 + 0 \mu_4$

$1 \mu_3 = 0,077 \mu_1 \dots \dots \dots (3)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom ketiga matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan preventif status 2 dan preventif status 3 pada mesin *seam welder* (P_2)

d. $\mu_4 = 0,013\mu_1 + 0\mu_2 + 0\mu_3 + 0,406 \mu_4$
 $\mu_4 - 0,406 \mu_4 = 0,013\mu_1$
 $0,594 \mu_4 = 0,013 \mu_1$
 $\mu_4 = 0,013/0,594 \mu_1$
 $\mu_4 = 0,0219\mu_1 \dots \dots \dots (4)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom keempat matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan preventif status 2 dan preventif status 3 pada mesin *seam welder* (P_2)

e. Dengan melakukan substitusi pada keempat persamaan diatas dengan persamaan 4.1 maka $\mu_1 + 0,160 \mu_1 + 0,077 \mu_1 + 0,0219 \mu_1 = 1$
 $\mu_1 = 1/1,25$
 $\mu_1 = 0,8$, maka untuk μ_2, μ_3, μ_4 dapat dicari dan hasilnya adalah
 $\mu_2 = 0,128$
 $\mu_3 = 0,0616$
 $\mu_4 = 0,0104$

Probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan preventif status 2 dan preventif status 3 pada mesin *seam welder* terlihat bahwa hanya nilai μ_1 yang mempunyai nilai yang signifikan yaitu sebesar 0.8.

3. Pemeliharaan korektif status 3 dan status 4

$$P_3 = \begin{pmatrix} 0,641 & 0,160 & 0,077 & 0,013 \\ 0 & 0,482 & 0,099 & 0,128 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

maka dapat dilakukan perhitungan dibawah ini :

a. $\mu_1 = 0,641 \mu_1 + 0 \mu_2 + 1 \mu_3 + 1 \mu_4 \dots \dots \dots (1)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom pertama matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan pada mesin *seam welder* (P_3).

b. $\mu_2 = 0,160\mu_1 + 0,482\mu_2 + 0\mu_3 + 0\mu_4$
 $\mu_2 - 0,482\mu_2 = 0,160\mu_1$
 $0,518 \mu_2 = 0,160\mu_1$
 $\mu_2 = 0,160/0,518\mu_1$
 $\mu_2 = 0,30888\mu_1 \dots \dots \dots (2)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom kedua matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan pada mesin *seam welder* (P_3).

c. $\mu_3 = 0,077\mu_1 + 0,099\mu_2 + 0 \mu_3 + 0\mu_4$
 $1\mu_3 = 0,077 \mu_1 + 0,099\mu_2$
 $\mu_3 = 0,077\mu_1 + 0,099 (0,30888\mu_1)$
 $\mu_3 = 0,077 \mu_1 + 0,030579\mu_1$
 $\mu_3 = 0,38279\mu_1 \dots \dots \dots (3)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom ketiga matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan pada mesin *seam welder* (P_3).

$$\begin{aligned} d. \mu_4 &= 0,013\mu_1 + 0,128\mu_2 + 0\mu_3 + 0\mu_4 \\ &= 0,013\mu_1 + 0,128(0,30888\mu_1) \\ &= 0,013\mu_1 + 0,03953664\mu_1 \\ &= 0,05253664\mu_1 \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom keempat matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan pada mesin *seam welder* (P_3).

e Dengan melakukan substitusi pada keempat persamaan diatas dengan persamaan 4.1 maka $\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4 = 1$, dari persamaan 1, 2, 3 dan 4 akan didapatkan

$$\begin{aligned} \mu_1 + 0,30888\mu_1 + 0,38279\mu_1 + 0,05253664\mu_1 &= 1 \\ \mu_1 &= 1/1,744207 \end{aligned}$$

$\mu_1 = 0,573327$, maka untuk μ_2, μ_3, μ_4 dapat dicari dan hasilnya adalah

$$\mu_2 = 0,177089$$

$$\mu_3 = 0,219464$$

$$\mu_4 = 0,030121$$

Probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif status 3 dan status 4 pada mesin *seam welder* terlihat bahwa hanya nilai μ_1 yang mempunyai nilai yang signifikan yaitu sebesar 0,573327.

4. Pemeliharaan korektif 4 dan pemeliharaan preventif 2

$$P_4 = \begin{pmatrix} 0,641 & 0,160 & 0,077 & 0,013 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,250 & 0,219 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

maka dapat dilakukan perhitungan dibawah ini :

a. $\mu_1 = 0,641\mu_1 + 1\mu_2 + 0\mu_3 + 1\mu_4 \dots\dots\dots(1)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom pertama matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif pada status 4 dan preventif pada status 2 pada mesin *seam welder* (P_4).

b. $\mu_2 = 0,160\mu_1 + 0\mu_2 + 0\mu_3 + 0\mu_4$
 $\mu_2 = 0,160\mu_1 \dots\dots\dots(2)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom kedua matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2 pada mesin *seam welder* (P_4).

c. $\mu_3 = 0,077\mu_1 + 0\mu_2 + 0,250\mu_3 + 0\mu_4$
 $1\mu_3 - 0,250\mu_3 = 0,077\mu_1$
 $0,750\mu_3 = 0,077\mu_1$
 $\mu_3 = 0,102667\mu_1 \dots\dots\dots(3)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom ketiga matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2 pada mesin *seam welder* (P_4).

$$\begin{aligned} \text{d. } \mu_4 &= 0,013\mu_1 + 0\mu_2 + 0,219\mu_3 + 0\mu_4 \\ \mu_4 &= 0,013\mu_1 + 0,219\mu_3 \\ \mu_4 &= 0,013\mu_1 + 0,219(0,102667\mu_1) \\ \mu_4 &= 0,013\mu_1 + 0,022484\mu_1 \\ \mu_4 &= 0,035484\mu_1 \end{aligned}$$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom keempat matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2 pada mesin *seam welder* (P_4).

$$\begin{aligned} \text{e. Dengan melakukan substitusi pada keempat persamaan diatas dengan persamaan 4.1 maka } \mu_1 + 0,160\mu_1 + \\ 0,102667\mu_1 + 0,035484\mu_1 = 1 \\ \mu_1 = 1/1,262667 \\ \mu_1 = 0,77032661, \text{ maka untuk } \mu_2, \mu_3, \mu_4 \text{ dapat dicari dan hasilnya adalah} \\ \mu_2 = 0,12325226 \\ \mu_3 = 0,07908687 \\ \mu_4 = 0,02733427 \end{aligned}$$

Probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2 pada mesin *seam welder* terlihat bahwa hanya nilai μ_1 yang mempunyai nilai yang signifikan yaitu sebesar 0,77032661.

5. Pemeliharaan korektif 4 dan pemeliharaan preventif 3

$$P_5 = \begin{pmatrix} 0,641 & 0,160 & 0,077 & 0,013 \\ 0 & 0,482 & 0,099 & 0,128 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

maka dapat dilakukan perhitungan dibawah ini :

$$\text{a. } \mu_1 = 0,641\mu_1 + 0\mu_2 + 1\mu_3 + 1\mu_4 \dots \dots \dots (1)$$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom pertama matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif status 4 dan preventif status 3 pada mesin *seam welder* (P_5)

$$\text{b. } \mu_2 = 0,160\mu_1 + 0,482\mu_2 + 0\mu_3 + 0\mu_4$$

$$\mu_2 - 0,482\mu_2 = 0,160\mu_1$$

$$0,518\mu_2 = 0,160\mu_1$$

$$\mu_2 = 0,160/0,518\mu_1$$

$$\mu_2 = 0,30888\mu_1 \dots \dots \dots (2)$$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom kedua matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif status 4 dan pemeliharaan preventif status 3 pada mesin *seam welder* (P_5)

c. $\mu_3 = 0,077\mu_1 + 0,099\mu_2 + 0\mu_3 + 0\mu_4$

$1\mu_3 = 0,077\mu_1 + 0,099\mu_2$

$\mu_3 = 0,077\mu_1 + 0,099(0,30888\mu_1)$

$\mu_3 = 0,077\mu_1 + 0,030579\mu_1$

$\mu_3 = 0,38279\mu_1 \dots \dots \dots (3)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom ketiga matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif status 4 dan pemeliharaan preventif status 3 pada mesin *seam welder* (P_5)

d. $\mu_4 = 0,013\mu_1 + 0,128\mu_2 + 0\mu_3 + 0\mu_4$

$= 0,013\mu_1 + 0,128(0,30888\mu_1)$

$= 0,013\mu_1 + 0,03953664\mu_1$

$= 0,05253664\mu_1 \dots \dots \dots (4)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom keempat matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif status 4 dan pemeliharaan preventif status 3 pada mesin *seam welder* (P_5)

e. Dengan melakukan substitusi pada keempat persamaan diatas dengan persamaan 4.1 maka $\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4 = 1$, dari persamaan 1, 2, 3 dan 4 akan didapatkan

$\mu_1 + 0,30888\mu_1 + 0,38279\mu_1 + 0,05253664\mu_1 = 1$

$\mu_1 = 1/1,744207$

$\mu_1 = 0,573327$, maka untuk μ_2, μ_3, μ_4 dapat dicari dan hasilnya adalah

$\mu_2 = 0,177089$

$\mu_3 = 0,219464$

$\mu_4 = 0,030121$

Probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif status 4 dan pemeliharaan preventif status 4 pada mesin *seam welder* terlihat bahwa hanya nilai μ_1 yang mempunyai nilai yang signifikan yaitu sebesar 0.573327.

6. Pemeliharaan korektif status 3 dan pemeliharaan preventif status 2

$$P_6 = \begin{pmatrix} 0,641 & 0,160 & 0,077 & 0,013 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,406 \end{pmatrix}$$

maka dapat dilakukan perhitungan dibawah ini :

a. $\mu_1 = 0,641\mu_1 + 1\mu_2 + 1\mu_3 + 0\mu_4 \dots \dots \dots (1)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom pertama matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif status 3 dan pemeliharaan preventif status 2 pada mesin *seam welder* (P_6).

b. $\mu_2 = 0,160\mu_1 + 0\mu_2 + 0\mu_3 + 0\mu_4$

$\mu_2 = 0,160\mu_1 \dots \dots \dots (2)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom kedua matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif status 3 dan pemeliharaan preventif status 2 pada mesin *seam welder* (P_6).

c. $\mu_3 = 0,077 \mu_1 + 0 \mu_2 + 0 \mu_3 + 0 \mu_4$
 $\mu_3 = 0,077 \mu_1 + 0 \mu_2 + 0 \mu_3 + 0 \mu_4$
 $1 \mu_3 = 0,077 \mu_1 \dots \dots \dots (3)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom ketiga matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif status 3 dan pemeliharaan preventif status 2 pada mesin *seam welder* (P_6).

d. $\mu_4 = 0,013 \mu_1 + 0 \mu_2 + 0 \mu_3 + 0,406 \mu_4$
 $\mu_4 - 0,406 \mu_4 = 0,013 \mu_1$
 $0,594 \mu_4 = 0,013 \mu_1$
 $\mu_4 = 0,013 / 0,594 \mu_1$
 $\mu_4 = 0,0219 \mu_1 \dots \dots \dots (4)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom ketiga matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif status 3 dan pemeliharaan preventif status 2 pada mesin *seam welder* (P_6).

e. Dengan melakukan substitusi pada keempat persamaan diatas dengan persamaan 4.1 maka $\mu_1 + 0,160 \mu_1 + 0,077 \mu_1 + 0,0219 \mu_1 = 1$
 $\mu_1 = 1 / 1,25$
 $\mu_1 = 0,8$, maka untuk μ_2, μ_3, μ_4 dapat dicari dan hasilnya adalah
 $\mu_2 = 0,128$
 $\mu_3 = 0,0616$
 $\mu_4 = 0,0104$

Probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif status 3 dan pemeliharaan preventif status 2 pada mesin *seam welder* terlihat bahwa hanya nilai μ_1 yang mempunyai nilai yang signifikan yaitu sebesar 0,8.

7. Pemeliharaan korektif 4 dan pemeliharaan preventif status 2, status 3

$$P_4 = \begin{pmatrix} 0,641 & 0,160 & 0,077 & 0,013 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

maka dapat dilakukan perhitungan dibawah ini :

a. $\mu_1 = 0,641 \mu_1 + 1 \mu_2 + 1 \mu_3 + 1 \mu_4 \dots \dots \dots (1)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom pertama matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2 dan status 3 pada mesin *seam welder* (P_4)

b. $\mu_2 = 0,160 \mu_1 + 0 \mu_2 + 0 \mu_3 + 0 \mu_4$
 $\mu_2 = 0,160 \mu_1 \dots \dots \dots (2)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom kedua matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2 dan status 3 pada mesin *seam welder* (P_4)

c. $\mu_3 = 0,077 \mu_1 + 0 \mu_2 + 0 \mu_3 + 0 \mu_4$

$$1\mu_3 = 0,077 \mu_1 \dots\dots\dots(3)$$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom ketiga matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2 dan status 3 pada mesin *seam welder* (P_4)

d. $\mu_4 = 0,013\mu_1 + 0\mu_2 + 0\mu_3 + 0\mu_4$
 $= 0,013 \mu_1 \dots\dots\dots(4)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom keempat matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2 dan status 3 pada mesin *seam welder* (P_4)

e. Dengan melakukan substitusi pada keempat persamaan diatas dengan persamaan 4.1 maka $\mu_1 + 0,160 \mu_1 + 0,077 \mu_1 + 0,013 \mu_1 = 1$
 $\mu_1 = 1/1,25$
 $\mu_1 = 0,8$, maka untuk μ_2, μ_3, μ_4 dapat dicari dan hasilnya adalah
 $\mu_2 = 0,128$
 $\mu_3 = 0,0616$
 $\mu_4 = 0,0104$

Probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2 dan status 3 pada mesin *seam welder* terlihat bahwa hanya nilai μ_1 yang mempunyai nilai yang signifikan yaitu sebesar 0.8.

8. Pemeliharaan korektif 3,4 dan pemeliharaan preventif 2

$$P_3 = \begin{pmatrix} 0,641 & 0,160 & 0,077 & 0,013 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

maka dapat dilakukan perhitungan dibawah ini :

a. $\mu_1 = 0,641 \mu_1 + 1 \mu_2 + 1 \mu_3 + 1 \mu_4 \dots\dots\dots(1)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom pertama matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif status 3 dan status 4 serta pemeliharaan preventif status 2 pada mesin *seam welder* (P_3)

b. $\mu_2 = 0,160\mu_1 + 0\mu_2 + 0\mu_3 + 0\mu_4$
 $\mu_2 = 0,160\mu_1 \dots\dots\dots(2)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom kedua matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif status 3 dan status 4 serta pemeliharaan preventif status 2 pada mesin *seam welder* (P_3)

c. $\mu_3 = 0,077\mu_1 + 0 \mu_2 + 0\mu_3 + 0\mu_4$
 $1\mu_3 = 0,077 \mu_1 \dots\dots\dots(3)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom ketiga matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif status 3 dan status 4 serta pemeliharaan preventif status 2 pada mesin *seam welder* (P_3)

d. $\mu_4 = 0,013\mu_1 + 0\mu_2 + 0\mu_3 + 0\mu_4$
 $= 0,013 \mu_1 \dots\dots\dots(4)$

Persamaan ini diperoleh dari penjumlahan kolom keempat matrik probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif status 3 dan status 4 serta pemeliharaan preventif status 2 pada mesin *seam welder* (P_3)

- e Dengan melakukan substitusi pada keempat persamaan diatas dengan persamaan 4.1 maka $\mu_1 + 0,160 \mu_1 + 0,077 \mu_1 + 0,013 \mu_1 = 1$
 $\mu_1 = 1/1,25$
 $\mu_1 = 0,8$, maka untuk μ_2 , μ_3 , μ_4 dapat dicari dan hasilnya adalah
 $\mu_2 = 0,128$
 $\mu_3 = 0,0616$
 $\mu_4 = 0,0104$

Probabilitas usulan perencanaan pemeliharaan korektif status 3 dan status 4 serta pemeliharaan preventif status 2 pada mesin *seam welder* terlihat bahwa hanya nilai μ_1 yang mempunyai nilai yang signifikan yaitu sebesar 0.8.

4.2.8 Biaya Ekspektasi Delapan Kebijakan Pemeliharaan

Biaya ekspektasi merupakan biaya yang diharapkan untuk masing-masing mesin setelah dilakukan pemeliharaan preventif pada berbagai tingkat kerusakan. Biaya pemeliharaan dapat dihitung dengan terlebih dahulu menghitung waktu rata-rata perbaikan yang diperlukan. Waktu rata-rata pemeliharaan preventif dilambangkan dengan $\sum W_{1i}$ dan waktu pemeliharaan korektif dilambangkan dengan $\sum W_{2i}$ melalui perhitungan dengan biaya *downtime* (waktu mengganggu dari mesin karena mengalami kerusakan maupun tindakan perbaikan) yaitu :

1. Perhitungan biaya *downtime*

Biaya *downtime* merupakan biaya yang ditanggung perusahaan karena hilangnya sebagian *output* pada mesin mengganggu atau dalam perbaikan. Besarnya biaya *downtime* seperti pada tabel 4.29 dibawah ini :

Tabel 4.31 Waktu *downtime* mesin *seam welder*

Kuartal	WAKTU DOWNTIME (dalam jam)				Rata-rata	Jumlah
	M1	M2	M3	M4		
Kuartal 1	29	15	32	14	22,5	90
Kuartal 2	34	18	17	19	22	88
Kuartal 3	13	14	15	17	14,75	59
Kuartal 4	34	24	22	22	25,5	102
JUMLAH					84,75	

Sumber : Data diolah, 2006

Pada tabel 4.31 rata-rata *downtime* terbesar ada pada kuartal 4 yaitu sebesar 25,5 jam sedangkan total *downtime* selama 4 kuartal adalah sebesar 84,75 jam.

Apabila diketahui : Isi drum asphalt = 155 Kg

$$\text{Berat drum} = 9 \text{ Kg} +$$

$$\text{Berat drum total} = 164 \text{ kg}$$

$$\text{Harga 1 Drum aspal isi} = \text{Rp } 790.000,00$$

$$\text{Harga drum} = \text{Rp } 83.000,00 -$$

$$\text{Harga asphalt (155 Kg)} = \text{Rp } 707.000,00$$

$$\text{Sehingga dapat dicari 1 Kg asphalt} = \frac{Rp707.000,00}{155 Kg}$$

$$= Rp.4.561,00$$

Jika 1 hari ada 3000 drum, maka 1 hari = 3000 drum x @ 155 Kg = 465.000 Kg

Jika 1 hari ada 8 jam kerja

$$\text{maka besarnya biaya downtime} = \frac{465.000 Kg \times Rp 4561}{8 Jam}$$

$$= Rp. 265.124.981$$

2. Perhitungan waktu pemeliharaan preventif dan pemeliharaan korektif

Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemeliharaan preventif adalah 20 menit untuk empat mesin. Maka total waktu pemeliharaan 1 bulan = 20 menit x 4 = 80 menit/bln. Selama 4 kuartal atau 16 bulan = 80 menit/bulan x 16 bulan

$$= 1280 \text{ menit}$$

$$= 21,33 \text{ Jam}$$

Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pemeliharaan korektif berdasarkan data waktu kerusakan yaitu 84,75 jam.

3. Perhitungan biaya pemeliharaan

Biaya pemeliharaan preventif = waktu rata-rata pemeliharaan preventif x biaya *downtime*.

Biaya pemeliharaan korektif = waktu rata-rata pemeliharaan korektif x biaya *downtime*.

maka biaya pemeliharaan preventif = 21,33 jam x Rp 265.124.981,3

$$= Rp 5.655.115.851$$

maka biaya pemeliharaan korektif = 84,75 jam x Rp 265.124.981,3

$$= Rp. 22.469.342.16$$

Tabel 4.32 Biaya ekspektasi tindakan pemeliharaan

No	Tindakan yang dilakukan	Biaya
1	Tidak melakukan pemeliharaan	0
2	Dilakukan pemeliharaan pencegahan (sistem kembali ke status 1)	Rp 5.655.115.851
3	Dilakukan pemeliharaan korektif (sistem kembali ke status 1)	Rp 22.469.342.165

Sumber : Data diolah, 2006

Pada tabel 4.32 didapatkan perbandingan biaya ekspektasi yang dilakukan perusahaan dengan pemeliharaan usulan. Biaya sebelum adanya usulan pemeliharaan-pemeliharaan yang dilakukan perusahaan pemeliharaan korektif status 4 dengan Probabilitas : $\mu_1 = 0,627491$, $\mu_2 = 0,193819$, $\mu_3 = 0,090007$ dan $\mu_4 = 0,088683$. Menggunakan persamaan 2.11 $E^i = \sum \pi_i C_i$ maka diperoleh yaitu

$$E_0 = 0,627491(0) + 0,193819(0) + 0,090007(0) + 0,088683(\text{Rp.22.469.342.165}) \\ = \text{Rp}1.992.648.671$$

Semua komponen dimasukkan ke persamaan biaya tadi akan didapatkan total biaya per usulan kebijakan yang telah diusulkan seperti di bawah ini :

1. Kebijakan 1, Pemeliharaan preventif status 1, 2, 3.

$$E_5 = 1 (\text{Rp } 5.655.115.851) + 0 (\text{Rp } 5.655.115.851) + 0 (\text{Rp}5.655.115.851) + \\ 0 (0) = \text{Rp } 5.655.115.851$$

2. Kebijakan 2, Pemeliharaan preventif status 2 dan status 3.

$$E_6 = 0,8(0) + 0,128 (\text{Rp } 5.655.115.851) + 0,0616 (\text{Rp } 5.655.115.851) + \quad 0,0104 \quad (0) = \text{Rp} \\ 1.072.209.965$$

3. Kebijakan 3, Pemeliharaan korektif status 3 dan status 4.

$$E_1 = 0,573327 (0) + 0,177089 (0) + 0,219464\text{Rp } \text{Rp.22.469.342.165}) \\ +0,030121 (\text{Rp.22.469.342.165}) = \text{Rp.5.608.010.764.}$$

4. Kebijakan 4, Pemeliharaan korektif status 4 dan pemeliharaan preventif status 2

$$E_8 = 0,77032661 (0) + 0,12325226 (\text{Rp } 5.655.115.851)) + 0,07908687(0) + \quad 0,02733427 \\ (\text{Rp.22.469.342.165}) = \text{Rp.1.311.188.875.}$$

5. Kebijakan 5, Pemeliharaan korektif status 4 dan preventif status 3.

$$E_2 = 0,573327 (0) + 0,177089 (0) + 0,219464(\text{Rp } 5.655.115.851) + \quad 0,030121 \\ (\text{Rp.22.469.342.165}) = \text{Rp.1.917.893.400.}$$

6. Kebijakan 6, Pemeliharaan korektif status 3 dan preventif 2.

$$E_7 = 0,8 (0) + 0,128 (\text{Rp } 5.655.115.851) + 0,0616 (\text{Rp.22.469.342.165}) \\ +0,0104 (0) = \text{Rp.2.107.966.306}$$

7. Kebijakan 7, Pemeliharaan korektif status 4 dan preventif status 2,3

$$E_4 = 0,8 (0) + 0,128 (\text{Rp } 5.655.115.851) + 0,0616(\text{Rp } 5.655.115.851) + \quad 0,0104 \\ (\text{Rp.22.469.342.1658}) = \text{Rp.1.305.891.124.}$$

8. Kebijakan 8, Pemeliharaan korektif status 3, 4 dan preventif status 2

$$E_3 = 0,8 (0) + 0,128 (\text{Rp } 5.655.115.851) + 0,0616(\text{Rp.22.469.342.165}) + \quad 0,0104 \\ (\text{Rp.22.469.342.165}) = \text{Rp.2.341.647.465.}$$

Dari perhitungan ekspektasi biaya delapan alternatif tersebut akan kembali dimasukkan dalam tabel alternatif keputusan seperti yang ada pada lampiran 4, kriteria pengambilan keputusannya adalah membandingkan kedelapan alternatif kebijakan pemeliharaan dengan biaya kebijakan pemeliharaan yang dikeluarkan oleh perusahaan, dari tabel

alternatif keputusan terlihat ada 4 kebijakan pemeliharaan yang memenuhi syarat lebih kecil dari kebijakan perusahaan tetapi biaya pemeliharaan minimal ada pada kebijakan 2 sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa kebijakan 2 merupakan kebijakan yang optimal. karena pada kebijakan 2 membutuhkan biaya pemeliharaan yang paling sedikit, yaitu sebesar Rp 1.077.209.965 sehingga penghematan biayanya dapat dihitung dengan perhitungan dibawah ini.

$$\begin{aligned} E &= E^0 - E^1 \\ &= \text{Rp.1.992.648.671} - \text{Rp 1.077.209.965} \\ &= \text{Rp. 920.438.706} \end{aligned}$$

Penghematan biaya yang dapat dilakukan dengan melakukan kebijakan 2 yaitu pemeliharaan preventif status 2 serta status 3 adalah sebesar Rp 920.438.706.

4.2.9 Parameter Laju Kerusakan

Perhitungan-perhitungan nilai parameter *reliability* yaitu :

1. perhitungan laju kerusakan (*failure rate*)

Persamaan matematis yang digunakan untuk mencari laju kerusakan (λ) adalah dengan menggunakan rumus :

$\lambda(t)$ = Banyaknya kerusakan yang terjadi/Jumlah operasi mesin dengan ;

t = waktu operasi atau jumlah jam operasi yang merupakan selisih antara waktu operasi sistem dengan waktu sistem menganggur.

Tabel 4.33 Kerusakan mesin seam welder

Kuartal	Total waktu Kerusakan (Jam)	Banyaknya Kerusakan (Mesin)	Waktu Operasi (Jam)
Kuartal 1	90	4	614
Kuartal 2	88	4	616
Kuartal 3	59	4	645
kuartal 4	102	4	602
Jumlah	339	16	2477

Sumber : Data diolah , 2006

Keterangan tabel 4.33 diatas hari kerja senin-jumat 1 Hari kerja = 8 jam, 1minggu = 40 Jam Jika 1 bulan = 30 hari, maka 1 bulan = 8 x 22 hari = 176 jam

Karena dipotong sabtu-minggu maka dalam 1 kuartal = 704 jam

Laju kerusakan (λ) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{maka laju kerusakan} &= \frac{16}{2477} \\ &= 0,006459427 \text{ kerusakan/jam} \end{aligned}$$

2. Perhitungan MTBF (*mean time between failure*)

Persamaan matematis yang digunakan adalah

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

$$MTBF = \frac{1}{0,006459427} = 154,8 \text{ jam/kerusakan}$$

3. Perhitungan keandalan (*reliability*)

Persamaan matematis yang digunakan untuk menghitung keandalan mesin adalah sebagai berikut :

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

dengan ; λ = Laju kerusakan

$$\text{Jumlah jam operasi } (t) = 8 \text{ jam/hari}$$

$$e = 2,7183$$

jadi keandalannya adalah sebagai berikut

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

$$R(t) = 2,7183^{-0,006459427 \times 8}$$

$$R(t) = 0.949632 = 95 \%$$

Biaya pemeliharaan korektif, yang selain dari pada penggantian elemen-elemen pembantu daripada mesin yang perlu diperhitungkan adalah biaya-biaya pelumasan dan biaya *grease* yaitu :

a. Biaya pelumas

$$\text{Biaya pelumas} = \{ (0,75 N/195,5) + (C/t) \} \times X1 \text{ (Rp/Jam)}$$

dengan ;

$$X1 = \text{Harga minyak pelumas} = \text{Rp.18.500.}$$

$$N = \text{daya output Engine (HP)} = 160 \text{ HP.}$$

$$C = \text{Kapasitas carter olie} = 0,15 N \text{ (liter)} = 0,15 \times 160 = 24 \text{ liter.}$$

$$t = 2000 \text{ jam.}$$

$$\text{Jadi Biaya pelumas} = \{ (0,75 \times 160/195,5) + (0,15 / 2000) \} \times \text{Rp.18.500 (Rp/Jam)}$$

$$= \text{Rp 11.536.89/Jam.}$$

b. Biaya *grease*

$$\text{Biaya pemberian grease} = 0,3 \times 10^{-4} \cdot N \cdot X2 \text{ (Rp/Jam)}$$

dengan ;

$$N = \text{Daya engine (HP)} = 160 \text{ HP}$$

$$X2 = \text{Harga grease (Rp/kg)} = \text{Rp 137500/Kg}$$

$$\text{Jadi biaya pemberian grease} = 0,3 \times 10^{-4} \cdot 160 \cdot \text{Rp 137.500. (Rp/Jam)}$$

$$= \text{Rp 660,-/Jam}$$

c. Perhitungan umur pemakaian *spare part*

Perhitungan umur pemakaian (Suharto, 1991) *Sparepart Upper and Lower* adalah

$$\text{Usia kegunaan } L_h = 500 \cdot f_n^3$$

$$\text{Faktor umur} = f_n = f_n \frac{C}{P}$$

$$\text{Faktor Kecepatan } f_n = \left[\frac{33.3}{n} \right]^{1/3} \text{ dengan ;}$$

$$f_n = \text{Faktor umur.}$$

$$L_h = \text{Umur Pemakaian.}$$

$$f_n = \text{Faktor kecepatan.}$$

C = Beban nominal dinamis spesifik (kg).

P = Beban ekivalen (kg).

Perhitungan umur pemakaian *Spare Part (Upper and Lower)* yaitu :

$$\begin{aligned} 1. \text{ Faktor kecepatan } = f_n &= \left[\frac{33.3}{n} \right]^{1/3} \\ &= \left[\frac{33.3}{500} \right]^{1/3} \\ &= 0,409 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Faktor umur } f_h &= f_n \frac{C}{P} \\ &= 0,409 \times \frac{1530}{334} \\ &= 1,874 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Usia kegunaan } L_h &= 500 * f_h^3 \\ &= 500 \times (1,874)^3 \\ &= 3291 \text{ Jam.} \end{aligned}$$

Hasil selengkapnya ada pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.34 Umur pemakaian *upper dan lower*

No	Jenis	Putaran (n)	Beban nominal (C)	Beban ekivalen (P)	Umur L_h
1	Upper Lower	500 Rpm	1530 Kg	334 Kg	3291 Jam

Sumber : Data diolah, 2006

Dengan diketahuinya umur pemakaian dari *upper dan lower* sehingga penggantian *spare part (upper and lower)* adalah sebagai berikut : diganti setelah 3291 jam. Manfaat yang diperoleh dari perhitungan *Spare part* yang harus disediakan agar produksi tidak berhenti terlalu lama jika terjadi perbaikan terhadap mesin yang ada.

d. Perhitungan persediaan *spare part*

Perhitungan persediaan *spare part* sebagai berikut :

Maksimum persediaan ($N1$) = $(n * t * a) / (k * s)$

Minimum persediaan ($N2$) = $N1 / 4$

dengan ;

n = Jumlah komponen yang sama dalam satu mesin

t = Waktu/umur bagian mesin

s = rata-rata penggunaan mesin

a = jumlah mesin yang sejenis

k = faktor koreksi

Perhitungan yaitu :

$$n (\text{Upper dan lower}) = 1$$

$$t (\text{Upper dan lower}) = 3291 \text{ Jam}$$

$$s = 84.75/\text{kuartal}$$

$$k = 4$$

$$a = 4$$

$$\begin{aligned} 1. \text{ Maksimum persediaan } (N_1) : (N_1) &= (n \times t \times a) / (k \times s) \\ &= (1 \times 3291 \times 4) / (4 \times 87,75) \\ &= 37,50427 \text{ unit} \\ &= 38 \text{ unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Minimum Persediaan } (N_2) : (N_2) &= N_1 / 4 \\ &= 38 / 4 \\ &= 9,5 \text{ unit} \\ &= 10 \text{ unit} \end{aligned}$$

4.2.10 Pengujian kebijakan Peremajaan Mesin Dengan Metode George Terbogh's (Terbogh's model)

Pada penelitian ini mengusulkan penerapan strategi peremajaan dan penggantian mesin terhadap mesin-mesin yang ada sebagai langkah investasi perusahaan apabila dirasakan tidak menguntungkan mempertahankan mesin lama. Mesin-mesin yang ada di *drum plant* area PT Pertamina UP IV dibeli pada tahun 1976 sehingga saat ini telah berumur 30 tahun dan belum pernah dilakukan peremajaan, untuk melihat apakah mesin-mesin tersebut layak diganti dan menguntungkan bagi investasi perusahaan untuk jangka panjang akan digunakan pendekatan metode *therbog'h*.

A. Pendekatan dengan Model George Terbogh's

Dalam melakukan perhitungan peremajaan mesin ini akan dilakukan dengan perbandingan antara dengan mesin baru dan mesin lama, berikut ini perhitungannya.

- Melakukan perhitungan nilai sisa mesin lama dengan menggunakan bantuan Metode garis lurus *straight line* atau SL. Dengan data-data berikut :

Tabel 4.35 Data mesin lama mesin seam welder

Data Mesin Lama	
Harga Mesin Lama	Rp 10.144.923.608
Masa Pakai ekonomis	34 Tahun
Perkiraan Nilai sisa	Rp 90.210.253

Sumber : Bag.Keuangan PT Pertamina UP IV, 2006

Dengan metode *straight line* $D_t = \frac{P - S}{N}$

dimana D_t = besarnya depresiasi pada tahun ke- t .

P = Ongkos awal dari aset yang bersangkutan.

S = nilai sisa dari mesin.

N = masa pakai mesin.

maka besarnya depresiasi tiap tahun yaitu :

$$\begin{aligned} D_t &= \frac{P - S}{N} \\ &= \frac{\text{Rp } 10.144.923.608 - \text{Rp } 90.210.253}{34} \\ &= \text{Rp } 295.726.863,4 \end{aligned}$$

contoh perhitungan nilai sisa diakhir tahun ke 10

$$BV_t = P - tD_t$$

$$\begin{aligned} BV_2 &= \text{Rp } 10.144.923.608 - 10 \times \text{Rp } 295.726.863,4 \\ &= \text{Rp } 7.187.654.974 \end{aligned}$$

Untuk nilai tahun ke-0 sampai tahun ke-40 terdapat dalam lampiran 2 tabel L-1

2. Perhitungan dengan Metode *George Terbogh's*

Diketahui data-data yang sesuai pada tabel 4.36 seperti dibawah ini maka dihitung menggunakan metode *Terbogh's* yaitu :

Tabel 4.36 Data nilai mesin seam welder

No	Jenis Mesin	Harga	Biaya Operasi
1	Mesin lama	Rp10.144.923.608	Rp 1.992.648.671
2	Mesin baru	Rp23.853.800.254	Rp 1.500.000

Sumber : Bag.Keuangan PT Pertamina UP IV, 2006

Nilai sisa mesin lama ditaksir sebesar 50 % dari selisih efisiensi biaya operasi tahunan, biaya modal ditaksir 15 % per tahun dan mesin lama telah dipakai selama 30 tahun sehingga :

a. Taksiran usia ekonomis mesin baru

$$\begin{aligned} g &= \frac{1}{2} (\text{Rp } 1.992.648.671 - \text{Rp } 1.500.000) \\ &= \frac{1}{2} (1.991.148.671) \\ &= \text{Rp } 995.574.335,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n^* &= \sqrt{\frac{2C}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times \text{Rp } 23.853.800.254}{\text{Rp } 995.574.335,5}} \\ &= 48 \text{ Tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka nilai } UAE^* &= \frac{g(n^* - 1)}{2} + \frac{C}{n^*} + \frac{iC}{2} \\ &= \frac{995.574.335,5(47)}{2} + \frac{23.853.800.254}{48} + \frac{0,15(23.853.800.254)}{2} \\ &= \text{Rp } 25.681.986.075 \end{aligned}$$

b. Untuk mesin lama Jika diganti Tahun ini

Pemakaian hingga sekarang ini (Periode 0 sampai periode analisis peremajaan) = 30 Tahun.

- Akumulasi nilai sisa (g) = $30 \times \text{Rp } 995.574.335,5$
= $\text{Rp } 29.867.230.065$

Kerugian nilai sisa untuk tahun depan = nilai sisa periode ke-30 dikurangi dengan nilai sisa periode ke-31

$$\begin{aligned} &= \text{Rp } 1.273.117.706,53 - \text{Rp } 977.390.843,15 \\ &= \text{Rp } 295.726.863,38 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{bunga nilai sisa pada periode 30} &= 15 \% \times \text{Rp } 1.273.117.706,53 \\ &= \text{Rp } 190.967.656 \end{aligned}$$

- Biaya total mesin lama ;
= $\text{Rp } 29.867.230.065 + \text{Rp } 295.726.863,38 + \text{Rp } 190.967.656$
= $\text{Rp } 30.353.924.584$

c. Untuk mesin lama jika diganti 5 Tahun lalu

Pemakaian hingga (Periode 0 sampai periode analisis peremajaan) = 25 Tahun

- Akumulasi nilai sisa (g) = $25 \times \text{Rp } 995.574.335,5$
= Rp 24.889.358.387,5

Kerugian nilai sisa untuk tahun depan = nilai sisa periode ke-25 dikurangi dengan nilai sisa periode ke-26

= Rp 2.751.752.023 – 2.456.025.160

= Rp 295.726.863,38

bunga nilai sisa pada periode 25 = $15\% \times \text{Rp } 2.751.752.023$

= Rp 412.762.803,45

- Biaya total mesin lama
= Rp 24.889.358.387,5 + Rp 295.726.863,4 + Rp 412.762.803,45
= Rp 25.597.848.054,35

Hasil selengkapnya untuk perhitungan biaya total mesin lama dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.37 Perhitungan biaya total mesin lama

No	Tahun ke-n	Akumulasi nilai sisa	Bunga nilai sisa	Biaya total mesin lama
1	2001	Rp 24.889.358.387,5	Rp 412.762.803,45	Rp25.597.848.054
2	2002	Rp 25.884.932.723	Rp 368.403.774	Rp26.549.063.360
3	2003	Rp 26.880.507.059	Rp 324.044.744,55	Rp27.500.278.666
4	2004	Rp 27.876.081.394	Rp 279.685.715	Rp28.451.493.972
5	2005	Rp 28.871.655.730	Rp 235.326.685,5	Rp29.167.382.593
6	2006	Rp 29.867.230.065	Rp 190.967.656	Rp30.353.924.584
7	2007	Rp 30.862.804.401	Rp 146.608.626	Rp31.305.139.890

Sumber : Data diolah 2006

Pada tabel 4.37 terlihat lebih menguntungkan jika mesin lama diganti saat 4 tahun yang lalu yaitu tahun 2002, sebab anuitas mesin baru lebih murah yaitu Rp 25.681.986.075 jika dibandingkan dengan biaya mesin lama apabila dipertahankan hingga tahun berikut tetapi karena penelitian baru dilakukan tahun ini, maka tahun ini pula mesin lama harus segera diganti dengan mesin baru sebab jika ditunda perusahaan akan mengalami kerugian yang semakin besar.

BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Bab ini membahas tentang analisis dan interpretasi hasil pengolahan data di bab sebelumnya. Pembahasan diawali dengan analisis dan interpretasi hasil perhitungan *revenue* dan margin produksi yang hilang akibat kerusakan mesin, analisis manajemen kebijakan perawatan preventif korektif dengan menggunakan metode *markov chain*, analisis manajemen kebijakan peremajaan mesin dengan menggunakan metode *therbog'h model*.

5.1 ANALISIS PERHITUNGAN *REVENUE* DAN MARGIN PRODUKSI YANG HILANG AKIBAT KERUSAKAN MESIN

Pada pengolahan data telah dijelaskan bahwa perhitungan *revenue* produksi yang hilang terhadap mesin-mesin di *drumplant* area PT Pertamina UP IV Cilacap didasarkan pada *downtime* mesin yang paling besar yaitu mesin *seam welder*. *Revenue* yang hilang akibat rusaknya mesin *seam welder* adalah sebesar US\$ 22.315.523 dari total penerimaan selama 4 kuartal yaitu sebesar US\$ 81.527.358 atau sekitar 27,4 %. Angka 27,4 % bukan angka yang kecil dari sisi kerugian pendapatan yang seharusnya diterima tetapi karena kerusakan mesin pendapatan tersebut hilang. Pada perhitungan margin produksi terlihat bahwa akibat kerusakan mesin *seam welder* margin produksi yang hilang adalah sebesar US\$ 14.787.181 yang merupakan hasil pengurangan *revenue* produksi dengan biaya pokok produksi.

5.2 ANALISIS MANAJEMEN KEBIJAKAN PEMELIHARAAN PREVENTIF- KOREKTIF DENGAN MENGGUNAKAN METODE *MARKOV CHAIN*

Pemilihan kebijakan pemeliharaan yang tepat sangatlah diperlukan guna menunjang kelancaran proses produksi. Guna mengefisienkan waktu perawatan maka bagi pihak perusahaan hendaknya menitik beratkan dan mempertimbangkan kegiatan perawatan mesin-mesin yang sering mengalami masalah pada saat proses produksi berlangsung. Karena kerusakan yang terjadi pada saat proses produksi berlangsung mengakibatkan perusahaan tidak maksimal dalam berproduksi. Sumber daya manusia merupakan hal penting yang harus diperhatikan khususnya dalam bidang perawatan, karena dengan adanya sumber daya manusia yang terampil akan mempercepat dan meminimalkan waktu *breakdown*.

Pihak perusahaan harus selalu memantau kondisi mesin-mesin produksi untuk mengetahui pada saat kondisi apa mesin harus dilakukan perawatan preventif ataupun perawatan korektif agar tidak menghambat jalannya proses produksi. Biaya ekspektasi pemeliharaan yang harus dikeluarkan oleh perusahaan apabila hanya melakukan tindakan korektif pada status 4 saja adalah sebesar Rp 1.992.648.671. Pada pengolahan data terdapat delapan alternatif kebijakan pemeliharaan yang akan dianalisis lebih lengkap yaitu :

1. Kebijakan pemeliharaan preventif pada status 1,2,3.

Pada kebijakan pemeliharaan yang pertama ini tindakan pemeliharaan yang dilakukan adalah pemeliharaan preventif pada status 1,2,3 yang artinya mesin pada status 4 tidak dilakukan tindakan apapun. Pada pengolahan data didapatkan nilai probabilitas tertinggi ada pada $\mu_1 = 1$ sedangkan nilai $\mu_2 = 0$, $\mu_3 = 0$ dan nilai $\mu_4 = 0$. Nilai-nilai ini menunjukkan probabilitas untuk masing-masing status yaitu untuk status baik probabilitasnya adalah 1, untuk status rusak ringan probabilitasnya adalah 0, untuk status rusak sedang probabilitasnya adalah 0, untuk status rusak berat probabilitasnya adalah 0. Setelah dimasukkan ke persamaan 2.11 didapatkan hasil biaya ekspektasi untuk kebijakan 1

sebesar Rp 5.655.115.851 sehingga apabila dibandingkan dengan kebijakan perusahaan yang hanya melakukan tindakan korektif pada status 4 saja yaitu sebesar Rp 1.992.648.671 ternyata lebih murah kebijakan perusahaan sehingga alternatif kebijakan 1 tidak dipilih.

2. Kebijakan pemeliharaan preventif pada status 2 dan preventif pada status 3.

Pada kebijakan pemeliharaan yang kedua ini tindakan pemeliharaan yang dilakukan adalah pemeliharaan preventif pada status 2 dan preventif pada status 3 yang artinya mesin pada status 1 dan status 4 tidak dilakukan tindakan apapun. Pada pengolahan data didapatkan nilai probabilitas tertinggi ada pada $\mu_1 = 0,8$ sedangkan nilai $\mu_2 = 0,128$, $\mu_3 = 0,0616$ dan nilai $\mu_4 = 0,0104$. Nilai-nilai ini menunjukkan probabilitas untuk masing-masing status yaitu untuk status baik probabilitasnya adalah 0,8, untuk status rusak ringan probabilitasnya adalah 0,128, untuk status rusak sedang probabilitasnya adalah 0,0616, untuk status rusak berat probabilitasnya adalah 0,0104. Setelah dimasukkan ke persamaan 2.11 didapatkan hasil biaya ekspektasi untuk kebijakan 2 sebesar Rp 1.072.209.965 sehingga apabila dibandingkan dengan kebijakan perusahaan yang hanya melakukan tindakan korektif pada status 4 saja yaitu sebesar Rp 1.992.648.671 ternyata lebih murah kebijakan 2 sehingga alternatif kebijakan 2 dipilih.

3. Kebijakan pemeliharaan korektif pada status 3 dan status 4.

Pada kebijakan pemeliharaan yang ketiga ini tindakan pemeliharaan yang dilakukan adalah pemeliharaan korektif pada status 3 dan status 4, yang artinya mesin pada status 1 dan status 2 tidak dilakukan tindakan apapun. Pada pengolahan data didapatkan nilai probabilitas tertinggi ada pada $\mu_1 = 0,573327$ sedangkan nilai $\mu_2 = 0,177089$, $\mu_3 = 0,219464$ dan nilai $\mu_4 = 0,03012$. Nilai-nilai ini menunjukkan probabilitas untuk masing-masing status yaitu untuk status baik probabilitasnya adalah 0,573327, untuk status rusak ringan probabilitasnya adalah 0,177089, untuk status rusak sedang probabilitasnya adalah 0,219464, untuk status rusak berat probabilitasnya adalah 0,03012. Setelah dimasukkan ke persamaan 2.11 didapatkan hasil biaya ekspektasi untuk kebijakan 3 sebesar Rp 5.608.010.764 sehingga apabila dibandingkan dengan kebijakan perusahaan yang hanya melakukan tindakan korektif pada status 4 saja yaitu sebesar Rp 1.992.648.671 ternyata lebih murah kebijakan perusahaan sehingga alternatif kebijakan 3 tidak dipilih.

4. Kebijakan pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif 2.

Pada kebijakan pemeliharaan yang keempat ini tindakan pemeliharaan yang dilakukan adalah pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2, yang artinya mesin pada status 1 dan status 3 tidak dilakukan tindakan apapun. Pada pengolahan data didapatkan nilai probabilitas tertinggi ada pada $\mu_1 = 0,77032661$ sedangkan nilai $\mu_2 = 0,12325226$, $\mu_3 = 0,07908687$ dan nilai $\mu_4 = 0,02733427$. Nilai-nilai ini menunjukkan probabilitas untuk masing-masing status yaitu untuk status baik probabilitasnya adalah 0,77032661, untuk status rusak ringan probabilitasnya adalah 0,12325226, untuk status rusak sedang probabilitasnya adalah 0,07908687, untuk status rusak berat probabilitasnya adalah 0,02733427. Setelah dimasukkan ke persamaan 2.11 didapatkan hasil biaya ekspektasi untuk kebijakan 4 sebesar Rp 1.311.188.875 sehingga apabila dibandingkan dengan kebijakan perusahaan yang hanya melakukan tindakan korektif pada status 4 saja yaitu sebesar Rp 1.992.648.671 ternyata lebih murah kebijakan 4 sehingga alternatif kebijakan 4 dipilih.

5. Kebijakan pemeliharaan korektif pada status 4 dan preventif 3.

Pada kebijakan pemeliharaan yang kelima ini tindakan pemeliharaan yang dilakukan adalah pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif status 3, yang artinya mesin pada status 1 dan status 2 tidak dilakukan tindakan apapun. Pada pengolahan data didapatkan nilai probabilitas tertinggi ada pada $\mu_1 = 0,573327$

sedangkan nilai $\mu_2 = 0,177089$, $\mu_3 = 0,219464$ dan nilai $\mu_4 = 0,03012$. Nilai-nilai ini menunjukkan probabilitas untuk masing-masing status yaitu untuk status baik probabilitasnya adalah 0,573327, untuk status rusak ringan probabilitasnya adalah 0,177089, untuk status rusak sedang probabilitasnya adalah 0,219464, untuk status rusak berat probabilitasnya adalah 0,03012. Setelah dimasukkan ke persamaan 2.11 didapatkan hasil biaya ekspektasi untuk kebijakan 2 sebesar Rp.1.917.893.400 sehingga apabila dibandingkan dengan kebijakan perusahaan yang hanya melakukan tindakan korektif pada status 4 saja yaitu sebesar Rp 1.992.648.671 ternyata lebih murah kebijakan 5 sehingga alternatif kebijakan 5 dapat dipilih.

6. Kebijakan pemeliharaan korektif pada status 3 dan preventif status 2.

Pada kebijakan pemeliharaan yang keenam ini tindakan pemeliharaan yang dilakukan adalah korektif pada status 3 dan preventif status 2, yang artinya mesin pada status 1 dan status 4 tidak dilakukan tindakan apapun. Pada pengolahan data didapatkan nilai probabilitas tertinggi ada pada $\mu_1 = 0,8$ sedangkan nilai $\mu_2 = 0,128$, $\mu_3 = 0,0616$ dan nilai $\mu_4 = 0,0104$. Nilai-nilai ini menunjukkan probabilitas untuk masing-masing status yaitu untuk status baik probabilitasnya adalah 0,8, untuk status rusak ringan probabilitasnya adalah 0,128, untuk status rusak sedang probabilitasnya adalah 0,0616, untuk status rusak berat probabilitasnya adalah 0,0104. Setelah dimasukkan ke persamaan 2.11 didapatkan hasil biaya ekspektasi untuk kebijakan 6 sebesar Rp.2.107.966.306 sehingga apabila dibandingkan dengan kebijakan perusahaan yang hanya melakukan tindakan korektif pada status 4 saja yaitu sebesar Rp 1.992.648.671 ternyata lebih murah kebijakan perusahaan sehingga alternatif kebijakan 6 tidak dipilih.

7. Kebijakan pemeliharaan korektif pada status 4 dan preventif status 2, status 3.

Pada kebijakan pemeliharaan yang ketujuh ini tindakan pemeliharaan yang dilakukan adalah pemeliharaan korektif pada status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 2, status 3 yang artinya mesin pada status 1 tidak dilakukan tindakan apapun. Pada pengolahan data didapatkan nilai probabilitas tertinggi ada pada $\mu_1 = 0,8$ sedangkan nilai $\mu_2 = 0,128$, $\mu_3 = 0,0616$ dan nilai $\mu_4 = 0,0104$. Nilai-nilai ini menunjukkan probabilitas untuk masing-masing status yaitu untuk status baik probabilitasnya adalah 0,8, untuk status rusak ringan probabilitasnya adalah 0,128, untuk status rusak sedang probabilitasnya adalah 0,0616, untuk status rusak berat probabilitasnya adalah 0,0104. Setelah dimasukkan ke persamaan 2.11 didapatkan hasil biaya ekspektasi untuk kebijakan 7 sebesar Rp 1.305.891.124 sehingga apabila dibandingkan dengan kebijakan perusahaan yang hanya melakukan tindakan korektif pada status 4 saja yaitu sebesar Rp 1.992.648.671 ternyata lebih murah kebijakan 7 sehingga alternatif kebijakan 7 dipilih.

8. Kebijakan pemeliharaan korektif pada status 3, status 4 dan preventif status 2.

Pada kebijakan pemeliharaan yang kedelapan ini tindakan pemeliharaan yang dilakukan adalah pemeliharaan korektif pada status 3, status 4 dan pemeliharaan preventif pada status 3, yang artinya mesin pada status 1 tidak dilakukan tindakan apapun. Pada pengolahan data didapatkan nilai probabilitas tertinggi ada pada $\mu_1 = 0,8$ sedangkan nilai $\mu_2 = 0,128$, $\mu_3 = 0,0616$ dan nilai $\mu_4 = 0,0104$. Nilai-nilai ini menunjukkan probabilitas untuk masing-masing status yaitu untuk status baik probabilitasnya adalah 0,8, untuk status rusak ringan probabilitasnya adalah 0,128, untuk status rusak sedang probabilitasnya adalah 0,0616, untuk status rusak berat probabilitasnya adalah 0,0104. Setelah dimasukkan ke persamaan 2.11 didapatkan hasil biaya ekspektasi untuk kebijakan 8 sebesar Rp 2.341.647.465 sehingga apabila dibandingkan dengan kebijakan perusahaan yang hanya melakukan tindakan korektif pada status 4 saja yaitu sebesar Rp 1.992.648.671 ternyata lebih murah kebijakan perusahaan sehingga alternatif kebijakan 8 tidak dipilih.

Dari delapan alternatif kebijakan pemeliharaan didapatkan 4 kebijakan pemeliharaan yang mempunyai biaya ekspektasi lebih kecil dibandingkan kebijakan perusahaan yaitu kebijakan 2, kebijakan 4, kebijakan 5 dan kebijakan 7. dari data-data yang telah diolah, maka didapatkan kebijakan pemeliharaan yang paling tepat untuk melaksanakan pemeliharaan mesin dengan biaya yang minimal, yaitu kebijakan pemeliharaan 2, dengan kata lain dilakukan pemeliharaan preventif apabila mesin berada pada kondisi kerusakan ringan dan sedang. Biaya yang dikeluarkan pada kebijakan ini adalah sebesar Rp 1.077.209.965,-

Biaya yang dikeluarkan jika perusahaan hanya melakukan perawatan korektif saja adalah sebesar Rp1.992.648.671,-. Dari kebijakan preventif pada status 2 dan status 3, perusahaan dapat melakukan penghematan sebesar Rp. 920.438.706,-. Penghematan tersebut diperoleh dari adanya pengurangan *downtime*, karena mesin yang akan mengalami kerusakan diganti dengan suku cadang baru atau dilakukan perawatan preventif, sehingga mesin dapat beroperasi lebih lama secara otomatis meningkatkan produktivitas dan *profit* perusahaan.

Mesin memiliki MTBF 154,8 jam/kerusakan yang berarti mesin mengalami kerusakan setiap 154,8 jam sekali dari 2477 jam masa produksi atau 16 kali kerusakan selama masa produksi.

Keandalan mesin $R_{(t)}$ untuk mesin berdasarkan pada 5 hari kerja (40 jam) untuk mesin sebesar 95 % ini berarti kemungkinan sistem handal selama 40 jam produksi adalah 38 jam.

Selain adanya tindakan perawatan yang tepat, perlu juga diketahui beberapa hal yang menunjang dalam tindakan perawatan yang dilakukan, yaitu :

1. Pemakaian pelumas sebesar Rp 11.536,89,-/jam.
2. Pemakaian *grease* sebesar Rp 660,-/jam.
3. Pemakaian *spare part lower* dan *upper* diganti setelah 3.291 jam.
4. Jumlah persediaan *spare part* maksimum adalah 38 unit dan jumlah persediaan *spare part* minimum adalah 10 unit.

5.3 ANALISIS MANAJEMEN KEBIJAKAN PEREMAJAAN MESIN MENGGUNAKAN METODE THERBOG'H MODEL

Pemeliharaan yang dilakukan tidaklah selalu efektif, terkadang banyak justru timbul permasalahan yang lebih rumit misalnya besarnya biaya yang timbul akibat kebijakan pemeliharaan yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Setiap peralatan yang digunakan dalam aktivitas sehari-hari memiliki keterbatasan umur atau masa pakai sehingga apabila alat yang serupa masih dibutuhkan pada akhir masa pakainya maka diperlukan proses penggantian dengan alat serupa yang baru. Analisis waktu yang tepat dalam penerapan kebijakan peremajaan dan penggantian mesin terhadap mesin-mesin yang ada sebagai langkah investasi perusahaan apabila dirasakan tidak menguntungkan mempertahankan mesin lama adalah salah satu usaha perusahaan untuk menghemat biaya perawatan, hal ini disebabkan usia mesin sudah memasuki 30 tahun dari perkiraan masa pakai ekonomis mesin selama 34 tahun. Dengan besarnya biaya perawatan preventif korektif, perusahaan harus mulai mempertimbangkan kebijakan peremajaan mesin untuk menghindari kerugian ganda yaitu menghindari berhentinya proses produksi dan menghindari biaya pemeliharaan mesin yang cukup besar.

Pada perhitungan kebijakan peremajaan mesin dilakukan dengan membandingkan mesin baru dan mesin lama, untuk mesin lama harga awal adalah sebesar Rp 10.144.923.608,- dengan masa pakai ekonomis selama 34

tahun dan nilai sisa sebesar Rp 90.210.253,- dimana perhitungan nilai sisa menggunakan metode garis lurus atau *straight line*. Mesin baru ditaksir usia ekonomisnya menggunakan *therbog'h* model adalah selama 48 tahun dan nilai *UAE* adalah sebesar Rp 25.681.986.075,-

Metode *therbog'h model* digunakan juga untuk menentukan nilai sisa (*g*). Pada pengolahan data dilakukan perhitungan akumulasi nilai sisa dengan berbagai periode yaitu periode 5 tahun lalu, 4 tahun lalu, 2 tahun lalu, 1 tahun lalu, periode saat ini, periode 1 tahun yang akan datang, dari hasil pengolahan data didapatkan bahwa biaya total mesin lama terkecil setelah dijumlahkan dengan bunga nilai sisa pada periode 0 adalah sebesar Rp 28.451.493.972,-

Analisis waktu juga sangat berpengaruh dalam menentukan kebijakan ini, karena waktu yang tepat didalam melakukan peremajaan mesin juga dapat menghemat biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan. Dari data-data yang sudah diolah terlihat bahwa waktu yang paling tepat dilakukan peremajaan mesin adalah pada periode 4 tahun yang lalu tetapi karena penelitian baru dilakukan tahun ini maka peremajaan mesin harus segera dilakukan tahun ini untuk mengurangi kerugian yang semakin besar bagi perusahaan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan untuk menjawab tujuan penelitian ini dan saran-saran yang dapat digunakan sebagai masukan bagi perusahaan yang diuraikan secara lebih terperinci pada sub-sub bab dibawah ini.

6.1 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan menganalisa permasalahan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari delapan kebijakan pemeliharaan yang diusulkan diperoleh kebijakan 2 yang memberikan biaya pemeliharaan minimal. Kebijakan tersebut adalah kebijakan pemeliharaan preventif pada status 2 (status ringan) dan status 3 (status sedang) dengan biaya Rp 1.072.209.965, dengan ketentuan pemeliharaan yang sebaiknya dilakukan, yaitu pemeliharaan preventif apabila mesin berada pada kondisi kerusakan ringan dan kerusakan sedang.
3. Pengaruh kerusakan mesin *seam welder* terhadap kontribusi total yaitu perusahaan akan kehilangan pendapatan US\$ 22.315.523 dari total penerimaan selama empat kuartal yaitu sebesar US\$ 81.527.358 atau sebesar 27,4 %.
4. Perusahaan akan mendapat penghematan biaya pemeliharaan bila dibandingkan dengan biaya pemeliharaan yang dilakukan perusahaan, yaitu sebesar Rp. 920.438.706,- per tahun jika melakukan kebijakan 2 (pemeliharaan preventif status 2 dan status 3) tetapi apabila perusahaan memilih untuk melakukan peremajaan mesin maka waktu yang paling tepat sebenarnya adalah pada periode 4 tahun yang lalu sehingga pada tahun ini perusahaan sebaiknya segera melakukan peremajaan mesin untuk menghindari kerugian yang lebih besar dengan biaya mesin baru sebesar Rp 25.681.986.075.

6.2 SARAN

Saran yang diberikan pada penelitian ini untuk memperbaiki fungsi pemeliharaan mesin di area *drum plant* PT Pertamina (Persero) UP IV adalah sebagai berikut :

1. Perusahaan perlu melakukan pemeliharaan preventif yang lebih baik dan teratur untuk mengetahui gejala kerusakan sedini mungkin, sebelum mesin mengalami kerusakan yang lebih fatal dan membutuhkan biaya pemeliharaan korektif yang lebih besar.
2. Perusahaan perlu melakukan pencatatan yang teratur dan terperinci dari setiap kondisi mesin yang ada sehingga dapat dibuat model perencanaan pemeliharaan mesin sesuai dengan kondisi mesin.
3. Perusahaan perlu memiliki persediaan suku cadang yang cukup, sehingga ketika mesin mengalami kerusakan segera dapat dilakukan perbaikan untuk mengurangi biaya *downtime* akibat mesin berhenti berproduksi karena mengalami kerusakan.
4. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan mengembangkan *maintenance scheduling* dengan menggunakan *Critical Path Method* (CPM) untuk komponen-komponen yang kritis dan inspeksi. Selain itu dapat pula dikembangkan pemeliharaan menggunakan *predictive maintenance* dengan sistem sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- Dimiyati, T.T. *Operation research "Model-model Pengambilan Keputusan"*, Bandung : PT Sinar Baru, 1999.
- Dervitsiotis, Kostas N. *Operation Manajement*. London: McGrawhill, International Student Edition, 1984.
- Dilworth, James B. *Operation Manajement. providing value in goods and services*, 3rd ed. Dryen: The Dryen Press, 1998.
- Eddy Herjanto. *Manajemen Produksi & Operasi*. Edisi Kedua. Jakarta.: PT Gramedia Widiasarana Indonesia, 1999.
- Frederick. S. Hillier, And Gerald. J. Lieberman. *Introduction to Operation Research*, Singapura: Mc Graw Hill Book Company, 1974.
- Haming, Murdifin, dan Salim Basalamah. *Studi Kelayakan Investasi Proyek dan Bisnis*. Jakarta : Penerbit PPM, 2003.
- Handoko, T. Hani. *Dasar-Dasar Manajemen Produksi Operasi*. Yogyakarta : Badan Penerbitan Fakultas Ekonomi Universitas Gajah Mada, 1997.
- I Nyoman Pujawan. *Ekonomi Teknik*. Edisi pertama cetakan ketiga. Surabaya: Penerbit Guna Widya, 2004.
- Joel Levitt. *Complete Guide To Preventive and Predictive Maintenance*. New York: Industrial Inc. 200 Madison Avenue, 2003.
- Menipaz, Ehad. *Essential of Production Manajement*. New Jersey: Prentice Hall Inc, 1985.
- Monk, Joseph G. *Operation Manajement (Theory and Problem)*. Singapore: Mc Grawhill Book Co, 1982.
- P. Siagian. *Penelitian Operasional (Teori dan Praktek)*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-PRESS), 1987.
- Pangestu S, Marwan, T. Handoko. *Dasar-Dasar Operatons Research*. Yogyakarta: BPFE, 1999.
- Sofyan Assauri. *Manajemen Produksi*. Jakarta: Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, 1993.
- Suharto. *Manajemen Perawatan mesin*. Jakarta : PT Rineka Cipta, 1991.
- Suparlan. *Catatan Kuliah Perawatan Mesin*, Bandung: ITB, 1999.
- Sularso. *Elemen mesin*. Jakarta : PT Pradyna paramita, 2002.

