

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR PERSAMAAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	1
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	2
BAB II DASAR TEORI.....	3
2.1 Definisi Perawatan	3
2.1.1 Jenis-jenis Perawatan	3
2.1.2 Perawatan Saat Terjadi Kerusakan (<i>Breakdown Maintenance</i>).....	4
2.1.3 Perawatan Prediktif (<i>Predictive Maintenance</i>)	4
2.1.4 Perawatan Pencegahan (<i>Preventive Maintenance</i>)	5
2.1.5 Perawatan Korektif (<i>Corrective Maintenance</i>)	6
2.1.6 Perawatan Berjalan.....	6
2.1.7 Perawatan Darurat (<i>Emergency Maintenance</i>)	6
2.2 <i>MARKOV CHAIN</i>	7
2.2.1 Langkah- langkah proses analisa <i>MARKOV</i>	9
2.2.2 Syarat-Syarat Dalam Analisa <i>MARKOV</i>	9
2.3 Klasifikasi Kondisi Kerusakan	10
2.3.1 Keadaan Probabilitas Transisi	11

2.3.2	Menentukan Probabilitas Awal	13
2.3.3	Menentukan Probabilitas n- langkah.....	14
2.3.4	Menghitung Probabilitas Transisi Perawatan Usulan	15
2.3.5	Menentukan Matriks Probabilitas Transisi Kerusakan Mesin	16
2.3.6	Menentukan Biaya Rata – rata Perawatan.....	17
2.3.7	Biaya PM (<i>Preventive Maintenance</i>) dan CM (<i>Corrective Maintenance</i>) Perusahaan	18
2.3.8	Biaya PM (<i>Preventive Maintenance</i>) dan CM (<i>Corrective Maintenance</i>) Usulan	18
2.3.9	Perencanaan Penjadwalan PM (<i>Preventive Maintenance</i>) Tahun 2017 dan 2018 Mesin <i>Cincinnati Milacron</i> Berdasarkan Metode <i>MARKOV CHAIN</i>	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		21
3.1	Flow Chart	21
3.2	Identifikasi Masalah.....	22
3.2.1	Studi Lapangan.....	22
3.2.2	Studi Pustaka.....	22
3.3	Pengumpulan dan Pengolahan Data Perusahaan	22
3.3.1	Data <i>Down time</i>	22
3.3.2	Data Waktu Pemeliharaan.....	23
3.3.3	Data Perawatan dan Biaya Perawatan PM (<i>Preventive Maintenance</i>) dan CM (<i>Corrective Maintenance</i>).....	23
3.3.4	Data Klasifikasi Kerusakan Mesin Selama 2 Tahun (perusahaan dan usulan).....	24
3.3.5	Data Transisi Status mesin	30
3.4	Penjadwalan Ulang Dengan Metode <i>Markov Chain</i>	32
3.4.1	Menentukan Probabilitas Transisi Perawatan Usulan.....	32
3.4.2	Menentukan Probabilitas Awal	33
3.4.3	Menentukan Probabilitas n- langkah.....	34

3.4.4	Menghitung Probabilitas Transisi Perawatan Usulan	35
3.4.5	Menentukan Matriks Probabilitas Transisi Kerusakan Mesin	36
3.4.6	Menentukan Biaya Rata – rata Perawatan.....	37
3.4.7	Biaya PM (<i>Preventive Maintenance</i>) dan CM (<i>Corrective Maintenance</i>) Perusahaan	37
3.4.8	Biaya PM (<i>Preventive Maintenance</i>) dan CM (<i>Corrective Maintenance</i>) Usulan	38
3.4.9	Perencanaan Penjadwalan PM (<i>Preventive Maintenance</i>) Tahun 2017 dan 2018 Mesin <i>Cincinnati Milacron</i> Berdasarkan Metode <i>MARKOV</i> <i>CHAIN</i>	38
3.4.10	Rekomendasi PM Tahun 2017 dan 2018	40
BAB IV HASIL DAN ANALISA		41
4.1	Hasil Perhitungan Biaya PM (<i>Preventive Maintenance</i>) dan CM (<i>Corrective Maintenance</i>) Pada Perusahaan dan Biaya PM (<i>Preventive Maintenance</i>) dan CM (<i>Corrective Maintenance</i>) Usulan	41
4.2	Analisa Hasil.....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran	45
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Status dan Kondisi Kerusakan	10
Tabel 2.2 Probabilitas Transisi.....	11
Tabel 2.3 Probabilitas Kondisi Kerusakan.....	12
Tabel 2.4 Probabilitas Status Awal	13
Tabel 2.5 Hasil Probabilitas Status Awal.....	13
Tabel 2.6 Probabilitas Transisi n – langkah.....	14
Tabel 2.7 Hasil Probabilitas n – langkah	15
Tabel 2.8 Probabilitas Transisi Perawatan Usulan.....	16
Tabel 2.9 Matrik Probabilitas Transisi Kerusakan.....	17
Tabel 2.10 Total Waktu dan Biaya PM Tahun 2017 dan 2018.....	19
Tabel 2.11 Total Waktu dan Biaya PM Setiap 1 Kali Perawatan	20
Tabel 2.12 Periode waktu PM per1 Tahun	20
Tabel 3.1 Data Waktu Pemeliharaan Dalam Perusahaan.....	23
Tabel 3.2 Data <i>Down Time</i> Mesin <i>Cincinnati Milacron</i>	23
Tabel 3.3 Pengelompokkan Data Kerusakan PM-CM Mesin <i>Cincinnati Milacron</i> Berdasarkan <i>Down time</i> dan Tot. Biaya <i>Maintenance</i> Selama 2 Tahun (perusahaan)	24
Tabel 3.4 Pengelompokkan Data Kerusakan PM-CM Mesin <i>Cincinnati Milacron</i> Berdasarkan <i>Down time</i> dan Tot. Biaya <i>Maintenance</i> Selama 2 Tahun (usulan).....	25
Tabel 3.5 Frekuensi Perhitungan Jumlah Kegiatan <i>Maintenance</i> Mesin <i>Cincinnati Milacron</i> 2 Tahun (2015 dan 2016) Dari Perusahaan dan yang Diusulkan .	28
Tabel 3.6 Frekuensi Perhitungan Jumlah Kegiatan <i>Maintenance</i> Mesin <i>Cincinnati Milacron</i> 2 Tahun (2015 dan 2016) Dari Perusahaan dan yang Diusulkan .	30
Tabel 3.7 Probabilitas Transisi Kondisi Mesin <i>Cincinnati Milacron</i>	31
Tabel 3.8 Hasil Probabilitas Status Awal.....	31
Tabel 3.9 Hasil probabilitas n – langkah.....	32
Tabel 3.10 Probabilitas Status Awal	33
Tabel 3.11 Hasil Probabilitas Status Awal.....	33
Tabel 3.12 Probabilitas Transisi n – langkah.....	34
Tabel 3.13 Hasil Probabilitas n – langkah	35
Tabel 3.14 Probabilitas Transisi Perawatan Usulan.....	36
Tabel 3.15 Matrik Probabilitas Transisi Kerusakan.....	37

Tabel 3.16 Total Waktu dan Biaya PM Tahun 2017 dan 2018.....	38
Tabel 3.17 Total Waktu dan Biaya PM Setiap 1 Kali Perawatan	39
Tabel 3.18 Periode Waktu PM per 1 Tahun.....	40
Tabel 4.1 Selisih Biaya PM (<i>Preventive Maintenance</i>) dan CM (<i>Corrective Maintenance</i>) perusahaan dan usulan	41
Tabel 4.2 Biaya PM dan CM Perusahaan	42
Tabel 4.3 Biaya PM dan CM Usulan	42
Tabel 4.4 Total Waktu dan Biaya PM Tahun 2017 dan 2018.....	42
Tabel 4.5 Total Waktu dan Biaya PM Setiap 1 Kali Perawatan	43
Tabel 4.6 Periode Waktu PM per 1 Tahun.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Peristiwa Dalam Rantai *MARKOV*.....8
Gambar 2-2 Vektor Transisi Diagram..... 12
Gambar 3-1 Diagram Alur Penjadwalan Perawatan Metode *Markov Chain*..... 21
Gambar 3-2 Vektor Transisi Diagram..... 30

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1	8
Persamaan 2.2	13
Persamaan 2.3	14
Persamaan 2.4	15
Persamaan 2.5	16
Persamaan 2.6	19
Persamaan 2.7	19
Persamaan 2.8	20
Persamaan 3.1	31
Persamaan 3.2	31
Persamaan 3.3	33
Persamaan 3.4	34
Persamaan 3.5	35
Persamaan 3.6	36
Persamaan 3.7	38
Persamaan 3.8	39
Persamaan 3.9	39
Persamaan 4.1	42
Persamaan 4.2	43
Persamaan 4.3	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi yang semakin cepat dan mutakhir mengakibatkan kebutuhan industri beralih menjadi industri otomatis, yang semua proses produksinya dilakukan oleh mesin. Mesin dan peralatan yang dalam kondisi baik akan melancarkan jalannya proses produksi. Dalam suatu proses produksi di perusahaan masalah perawatan atau *maintenance* yang teratur seringkali diabaikan, sehingga terjadilah kegiatan perawatan yang tidak teratur. Untuk itu, perlu adanya suatu perawatan dan pemeriksaan mesin secara berkala untuk mencegah terjadinya kerusakan pada mesin. Perawatan biasanya terbagi menjadi enam jenis, yaitu *Breakdown Maintenance*, *Predictive Maintenance*, *Preventive Maintenance*, *Corrective Maintenance*, *Emergency Maintenance*, dan perawatan berjalan. *Breakdown Maintenance* merupakan perbaikan yang dilakukan tanpa adanya rencana terlebih dahulu. *Predictive Maintenance* merupakan perawatan yang bersifat prediksi dari evaluasi *Preventive Maintenance*, *Preventive Maintenance* merupakan tindakan perawatan untuk mencegah kerusakan mesin, sedangkan *Corrective Maintenance* memperbaiki kerusakan mesin. Dengan menggunakan metode perawatan tersebut kita dapat mengetahui atau memprediksi umur mesin berdasarkan jadwal perawatan yang berkala. Dalam menjalankan perawatan, faktor ekonomis pun perlu diperhatikan agar ongkos yang dipakai untuk perawatan mesin dan penggantian *spare part* pun dapat diminimalisasi. Dari data perusahaan yang peneliti amati masih banyak terjadinya CM (*Corrective Maintenance*) yang menimbulkan besarnya biaya pemeliharaan. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka dalam penelitian ini akan dimodelkan suatu sistem perawatan yang menggunakan metode *MARKOV CHAIN*.

1.2 Perumusan Masalah

Bagaimana menyusun ulang penjadwalan perawatan mesin dengan metode *MARKOV CHAIN* agar meminimalisasi biaya perawatan dan *spare part*?

1.3 Batasan Masalah

Mesin *Cincinnati Milacron 5 axis*

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penjadwalan perawatan mesin dengan metode *MARKOV CHAIN* adalah :

1. Membuat rekomendasi hasil kajian data PM dan CM untuk perbaikan jadwal PM dan biaya pada tahun berikutnya.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I Pendahuluan

Bab ini akan berisikan tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat atau relevansi dan sistematika penulisan.

BAB II Dasar Teori

Bab ini akan berisikan tentang teori - teori yang menjadi dasar permasalahan yang akan dibahas sebagai referensi.

BAB III Metodologi

Bab ini akan berisikan tentang diagram alir analisa, peralatan yang digunakan, prediksi tugas akhir, parameter pengujian, parameter perhitungan, rencana kegiatan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Definisi Perawatan

Suatu mesin jika digunakan secara terus menerus akan mengalami penurunan tingkat kesiapan (*availability*) dan kualitas performasinya, tetapi usia kegunaan perawatan dapat diperpanjang dengan melakukan perawatan peralatan secara berkala. Perawatan ini meliputi tindakan perawatan pencegahan (*Preventive Maintenance*). Perawatan pencegahan sampai saat ini masih kurang menjadi perhatian karena kurangnya perhatian dari perusahaan akan arti pentingnya sistem perawatan karena adanya beberapa faktor yang memengaruhi, yaitu belum dirasakannya pengaruh kerusakan peralatan terhadap kelancaran proses produksi dan belum dipahaminya tujuan aktivitas perawatan dan manfaat dari penerapan sistem perawatan. Perawatan adalah suatu aktivitas untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan

Pada dasarnya perawatan mesin/peralatan kerja memerlukan beberapa kegiatan seperti dibawah ini :

1. Kegiatan pemeriksaan (*checking*).
2. Kegiatan pembersihan (*cleaning*).
3. Kegiatan pelumasan (*lubrication*).
4. Kegiatan perbaikan/reparasi pada kerusakan (*repairing*).
5. Kegiatan penggantian suku cadang atau komponen (*replacement*).
6. Kegiatan kalibrasi mesin perkakas

2.1.1 Jenis-jenis Perawatan

Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan dalam suatu perusahaan dapat dibedakan atas enam macam yaitu : perawatan saat terjadi kerusakan (*Breakdown Maintenance*), perawatan prediktif (*Predictive Maintenance*), perawatan pencegahan (*Preventive Maintenance*), perawatan korektif (*Corrective Maintenance*), perawatan berjalan, *Emergency Maintenance*.

Secara umum, ditinjau dari saat pelaksanaan pekerjaan perawatan, dapat dibagi menjadi dua cara:

1. Perawatan yang direncanakan (*Planned Maintenance*).
2. Perawatan yang tidak direncanakan (*Unplanned Maintenance*).

2.1.2 Perawatan Saat Terjadi Kerusakan (*Breakdown Maintenance*)

Perawatan saat terjadi kerusakan adalah perawatan yang dilakukan ketika sudah terjadi kerusakan pada mesin atau peralatan kerja sehingga mesin tersebut tidak dapat beroperasi secara normal atau terhentinya operasional secara total dalam kondisi mendadak. Perawatan ini harus dihindari karena akan terjadi kerugian akibat terhentinya mesin produksi yang menyebabkan tidak tercapai kualitas ataupun output produksi.

Kelebihan :

- Pemeliharaan hanya bereaksi jika terjadi kerusakan.
- Perusahaan tidak perlu mengeluarkan biaya untuk keperluan pemeliharaan mesin.

Kekurangan :

- Mesin yang dibiarkan sampai rusak akan mengalami kegagalan/hilangnya produksi.

2.1.3 Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance*)

Perawatan prediktif merupakan perawatan yang bersifat prediksi, dalam hal ini merupakan evaluasi dari perawatan berkala. Pendeteksian ini dapat dievaluasi dari indikator-indikator yang terpasang pada instalasi suatu alat dan juga dapat melakukan pengecekan vibrasi dan alignment untuk menambah data dan tindakan perbaikan selanjutnya.

Kelebihan :

- Dapat mengurangi biaya yang diakibatkan perbaikan tidak terjadwal akibat kegagalan mesin.
- Dapat mengoptimalkan ketersediaan (*availability*) dari mesin-mesin proses dan secara drastis mengurangi biaya pemeliharaan.
- Pengguna *Predictive Maintenance* dapat memperbaiki kualitas produk, produktivitas dan keuntungan pabrik manufaktur.
- Program ini dapat mengidentifikasi masalah-masalah mesin sebelum menjadi lebih serius.
- Dapat meminimalisasi *breakdown* yang tidak terjadwal dari seluruh peralatan mekanikal di pabrik dan menjamin perbaikan peralatan pada kondisi mekanikal yang dapat diterima.

Kekurangan :

- Program *Predictive Maintenance* yang menyeluruh menggunakan peralatan-peralatan mahal.

2.1.4 Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Perawatan pencegahan dikenal juga dengan *calendar based maintenance*, yang merupakan ke-giatan 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 dalamn proses produksi.

Preventive Maintenance sangat penting karena kegunaannya yang sangat efektif didalam menghadap fasilitas-fasilitas produksi yang termasuk golongan "*Critical Unit*". Sebuah fasilitas atau peralatan produksi akan termasuk dalam golongan "*Critical Unit*" apabila:

1. Kerusakan fasilitas / peralatan tersebut akan membahayakan kesehatan dan keselamatan para pekerja.
2. Kerusakan fasilitas ini akan mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan
3. Kerusakan fasilitas tersebut menyebabkan kemacetan seluruh proses produksi.
4. Modal yang ditanamkan dalam fasilitas tersebut atau harga dari fasilitas tersebut adalah cukup besar atau mahal.

Kelebihan:

- Pengaturan jelas terhadap penyimpanan komponen cadangan dan biaya.
- Kerusakan mesin kecil.
- Jalan produksi tidak terganggu.
- Perawatan dilakukan pada waktu yang sudah ditentukan dan dipersiapkan.
- Kerusakakan fatal berkurang.

Kekurangan :

- Mesin terlalu sering diperbaiki bahkan pada saat dimana mesin itu sebenarnya tidak mengalami masalah sama sekali.
- Tindakan masalah perawatan seringkali menambah masalah daripada mengurangi.
- Masih terjadi *unscheduled breakdowns*.

2.1.5 Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Perawatan korektif adalah pekerjaan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi fasilitas/peralatan sehingga mencapai standar yang dapat diterima. Dalam perbaikan dapat dilakukan peningkatan-peningkatan sedemikian rupa, seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan agar peralatan menjadi lebih baik. Kegiatan *Corrective Maintenance* yang dilakukan sering disebut dengan kegiatan perbaikan atau reparasi. Perbaikan yang dilakukan karena adanya kerusakan yang dapat terjadi akibat tidak dilakukannya *Preventive Maintenance* ataupun telah dilakukan *Preventive Maintenance* tetapi pada suatu waktu tertentu fasilitas atau peralatan tersebut tetap rusak. Jadi dalam hal ini kegiatan maintenance sifatnya hanya menunggu sampai kerusakan terjadi dahulu, baru kemudian diperbaiki atau dibetulkan. Maksud dari tindakan perbaikan ini adalah agar fasilitas atau peralatan tersebut dapat dipergunakan kembali dalam proses produksi, sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar kembali.

Kelebihan :

- Biaya murah.
- Mesin tidak dirawat secara berlebihan.

Kekurangan :

- Tidak ada persiapan terhadap terjadinya kerusakan mesin (*downtime*)
- Kerusakan akan menyebar kekomponen lain dan bias terjadi kerusakan fatal sehingga akan mahal.
- Kerugian produksi besar.

2.1.6 Perawatan Berjalan

Dimana pekerjaan perawatan dilakukan ketika fasilitas atau peralatan dalam keadaan bekerja. Perawatan berjalan diterapkan pada peralatan-peralatan yang harus beroperasi terus dalam melayani proses produksi.

2.1.7 Perawatan Darurat (*Emergency Maintenance*)

Perawatan darurat adalah pekerjaan perbaikan yang harus segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tidak terduga.

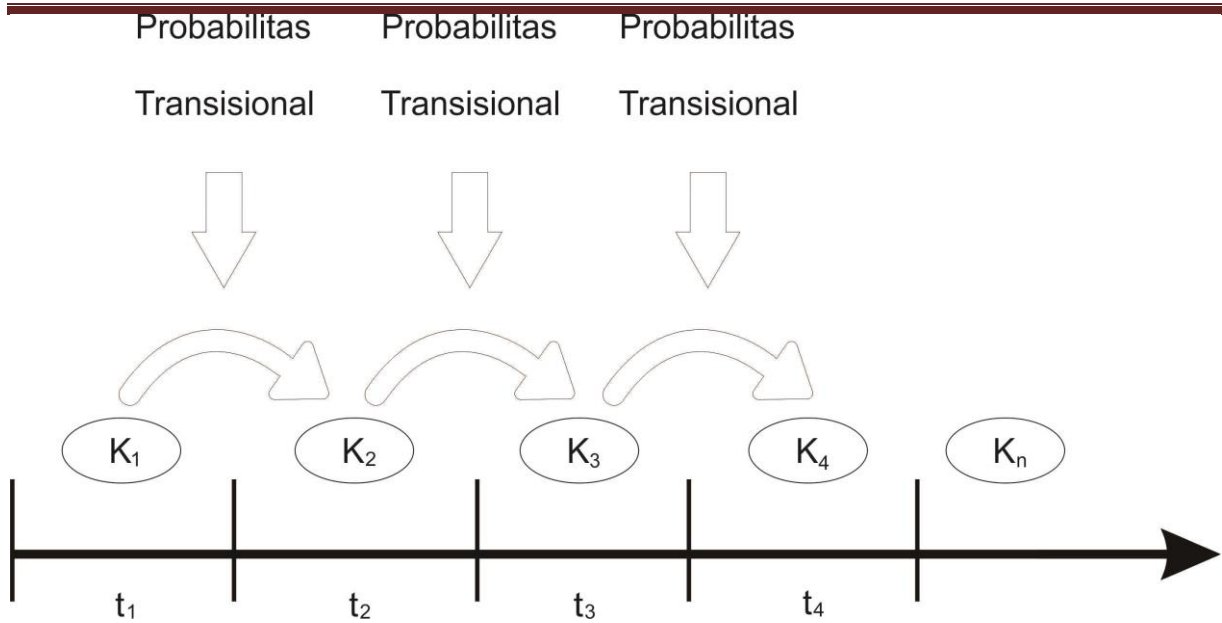
2.2 MARKOV CHAIN

Model rantai *MARKOV* ditemukan oleh seorang ilmuwan Rusia bernama Andrey Andreyevich *MARKOV* pada tahun 1906.

Rantai *MARKOV* (*MARKOV CHAIN*) 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 tersebut di masa yang akan datang. Perubahan-perubahan tersebut diwakili dalam variabel-variabel dinamis diwaktu-waktu tertentu. Sehingga perlu untuk menyimpan nilai dari variabel keadaan pada tiap-tiap waktu tertentu itu. Analisis *MARKOV* disebut sebagai proses stokastik merupakan suatu bentuk khusus dari model probalistik. Proses ini memodelkan system yang berubah secara acak dimana diasumsikan keadaan yang akan datang bergantung hanya pada keadaan sekarang dan tidak bergantung pada urutan kejadian yang mendahuluinya.

“Untuk setiap waktu t , ketika kejadian adalah K_t dan seluruh kejadian sebelumnya adalah $K_{t(j)}, \dots, K_{t(j-n)}$ yang terjadi dari proses yang diketahui, probabilitas seluruh kejadian yang akan datang $K_{t(j)}$ hanya bergantung pada kejadian $K_{t(j-1)}$ dan tidak bergantung pada kejadian – kejadian sebelumnya yaitu $K_{t(j-2)}, K_{t(j-3)}, \dots, K_{t(j-n)}$ ”

Gambaran mengenai rantai *MARKOV* ini kemudian dituangkan dalam Gambar 2.1 dimana gerakan-gerakan dari beberapa variabel di masa yang akan datang bisa diprediksi berdasarkan gerakan-gerakan variabel tersebut pada masa lalu. K_{t4} dipengaruhi oleh kejadian K_{t3} , K_{t3} dipengaruhi oleh kejadian K_{t2} dan demikian seterusnya dimana perubahan ini terjadi karena peranan probabilitas transisi (*transition probability*). Kejadian K_{t2} misalnya, tidak akan mempengaruhi kejadian K_{t4} .

Gambar 2-1 Peristiwa Dalam Rantai *MARKOV*

K = kejadian

T = waktu pada saat kejadian

Kejadian-kejadian di atas sifatnya berantai. Oleh karena itu, teori ini dikenal dengan nama Rantai *MARKOV*. Dengan demikian, Rantai *MARKOV* akan menjelaskan gerakan-gerakan beberapa variabel dalam satu periode waktu di masa yang akan datang berdasarkan pada gerakan-gerakan variabel tersebut di masa kini. Secara matematis dapat ditulis:

$$K_{t(j)} = P \times K_{t(j-1)} \quad (2.1)$$

dimana,

$K_{t(j)}$ = peluang kejadian pada $t(j)$

P = Probabilitas Transisional

$t(j)$ = waktu ke- j

$K_{t(j-1)}$ = peluang kejadian pada $t(j-1)$

Peluang kejadian $K_{t(j)}$ dinyatakan ke dalam bentuk vektor sehingga jumlah seluruh selnya akan selalu 100%.

2.2.1 Langkah- langkah proses analisis *MARKOV*

1. Penentuan transisi status mesin
2. Perhitungan probabilitas transisi awal
3. Perhitungan probabilitas transisi n – langkah
4. Perhitungan probabilitas transisi perawatan usulan
5. Perhitungan probabilitas transisi kerusakan mesin

Ciri-ciri analisis *MARKOV* :

- Bila diketahui status suatu kondisi awal, maka pada kondisi periode berikutnya merupakan suatu proses random yang dinyatakan dalam probabilitas, yang disebut dengan probabilitas transisi.
- Probabilitas transisi tidak akan berubah untuk selamanya
- Probabilitas transisi hanya tergantung pada status awal

Dalam perhitungan probabilitas yang terus berulang tersebut, akan ditemui pada periode tertentu bahwa probabilitas hasil perhitungan kedua matriks itu bernilai sama/tetap/tidak berubah apabila dihitung untuk periode-periode selanjutnya. Kondisi ini disebut dengan probabilitas keadaan tetap (*steady state probability*). Langkah yang dikerjakan untuk menemukan *steady state probability* adalah sama seperti langkah untuk menghitung probabilitas pada kondisi tertentu.

Nilai probabilitas pada periode-periode selanjutnya setelah bertemu dengan *steady state probability* ini akan sama. Karenanya, probabilitas ini bisa digunakan sebagai prediksi jumlah dalam keadaan tetap, dengan cara mengalikan *steady state probability* dengan jumlah yang terkait dengan permasalahan yang sedang dihadapi.

2.2.2 Syarat-Syarat Dalam Analisa *MARKOV*

Untuk mendapatkan analisa rantai *MARKOV* ke dalam suatu kasus, ada beberapa syarat yang harus dipenuhi yaitu sebagai berikut :

1. Jumlah probabilitas transisi untuk suatu keadaan awal dari system sama dengan 1.
2. Probabilitas-probabilitas tersebut berlaku untuk semua partisipan dalam system.
3. Probabilitas transisi konstan sepanjang waktu.
4. Kondisi merupakan kondisi yang independen sepanjang waktu.

Penerapan analisa *MARKOV* bisa dibilang cukup terbatas karena sulit menemukan masalah yang memenuhi semua syarat yang diperlukan untuk analisa *MARKOV*, terutama persyaratan bahwa probabilitas transisi harus konstan sepanjang waktu.

2.3 Klasifikasi Kondisi Kerusakan

Untuk menghitung nilai probabilitas transisi dari suatu proses *MARKOV* dalam masalah ini maka system mesin akan dikelompokkan sesuai dengan kondisi kerusakannya. Kondisi di sini adalah tingkat kesiapan mesin saat dilakukan perawatan periodik terhadap mesin tersebut untuk menentukan tingkat kondisi ini system diperiksa secara berkala. Setelah dilakukan pemeriksaan kondisi mesin dapat diklasifikasikan menjadi, yaitu :

1. Kondisi baik kondisi dimana mesin dapat beroperasi sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang disetujui (baik), seperti keadaan mesin baru. Perawatan pencegahan dan pemeriksaan rutin dilakukan supaya mesin dapat beroperasi dengan baik. Kondisi ini disebut status 1.
2. Kondisi kerusakan ringan kondisi dimana mesin dapat beroperasi dengan baik, tetapi kadang-kadang terjadi kerusakan-kerusakan kecil kerusakan yang ditimbulkan relatif ringan dengan biaya yang relatif kecil. Kondisi ini disebut status 2.
3. Kondisi kerusakan sedang kondisi dimana mesin dapat beroperasi tetapi keadaannya mengkhawatirkan. Kondisi ini disebut status 3.
4. Kondisi kerusakan berat mesin tidak dapat digunakan untuk beroperasi sehingga proses produksi terhenti. Waktu untuk perbaikan relatif lama dengan biaya perbaikan yang relatif besar, kadang juga diikuti dengan penggantian komponen (*overhaul*). Kondisi ini disebut status 4.

Tabel 2.1 Status dan Kondisi Kerusakan

Status	Kondisi
1	Baik
2	Kerusakan Ringan
3	Kerusakan Sedang
4	Kerusakan Berat

2.3.1

2.3.1 Keadaan Probabilitas Transisi

Probabilitas transisi adalah perubahan dari suatu keadaan (status) ke keadaan (status) lainnya pada periode berikutnya. Keadaan transisi ini merupakan suatu proses random dan dinyatakan dalam bentuk probabilitas. Probabilitas ini dikenal sebagai probabilitas transisi. Probabilitas ini dapat digunakan untuk menentukan probabilitas keadaan atau periode berikutnya.

Probabilitas suatu kejadian adalah angka yang menunjukkan kemungkinan terjadinya suatu kejadian. Nilainya di antara 0 dan 1. Kejadian yang mempunyai nilai probabilitas 1 adalah kejadian yang pasti terjadi atau sesuatu yang telah terjadi) dan 0 kejadian yang tidak terjadi.

Tabel 2.2 Probabilitas Transisi

status akhir (j) status awal (i)		1(j)	2(j)	3(j)	4(j)	
		baik	ringan	sedang	berat	Jumlah
1(i)	baik	P11	P12	P13	P14	$\sum P1(i)$
2(i)	ringan	P21	P22	P23	P24	$\sum P2(i)$
3(i)	sedang	P31	P32	P33	P34	$\sum P3(i)$
4(i)	berat	P41	P42	P43	P44	$\sum P4(i)$
	Jumlah	$\sum P1(j)$	$\sum P2(j)$	$\sum P3(j)$	$\sum P4(j)$	$\sum P(i,j)$

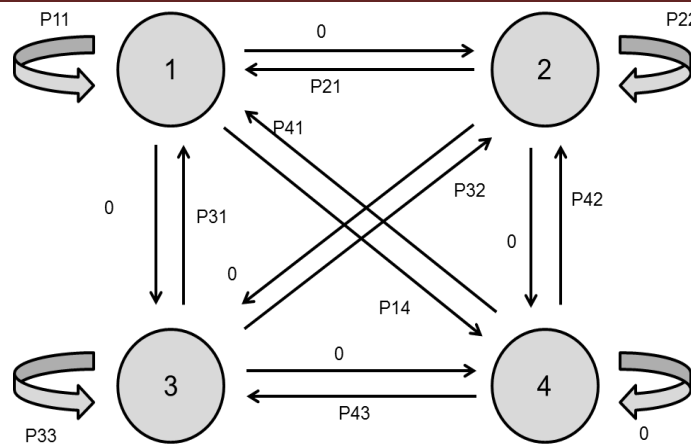
Keterangan : P = Probabilitas transisi

$\sum_{(i)}$ = jumlah probabilitas transisi status (i/awal)

$\sum_{(j)}$ = jumlah probabilitas transisi status (j/akhir)

$\sum_{(i,j)}$ = jumlah probabilitas transisi status (i,j)

Jika suatu item berada pada status kerusakan ringan dan kerusakan sedang, maka item tersebut tidak akan mengalami transisi ke status baik, dengan kata lain bahwa suatu item yang berada pada status kerusakan ringan dan kerusakan sedang akan tetap berada pada status kerusakan ringan dan kerusakan sedang atau hanya akan beralih ke status kerusakan berat. Dan jika item berada pada status kerusakan berat atau dengan kata lain suatu item yang memburuk akan tetap memburuk sampai selang pemeriksaan berikutnya, atau bila tidak item akan mengalami kerusakan berat selama selang tersebut dan akan diperbaiki pada selang pemeriksaan berikutnya. Dari uraian tersebut dapat dibuat transisi diagram dan peralihan status sebagai berikut:



Gambar 2-2 Vektor Transisi Diagram

Keterangan :

1. Menyatakan status 1 (baik)
2. Menyatakan status 2 (kerusakan ringan)
3. Menyatakan status 3 (kerusakan sedang)
4. Menyatakan status 4 (kerusakan berat)

Bertitik tolak pada asumsi di atas 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 matriks, probabilitas probabilitas transisi tersebut diatas dapat dinyatakan sebagai berikut:

Tabel 2.3 Probabilitas Kondisi Kerusakan

status akhir (j)		1(j)	2(j)	3(j)	4(j)	Jumlah
		baik	ringan	sedang	berat	
status awal (i)	1(i)	P11	0	0	P14	$\sum P1(i)$
	2(i)	P21	P22	0	0	$\sum P2(i)$
	3(i)	P31	P32	P33	0	$\sum P3(i)$
	4(i)	P41	P42	P43	0	$\sum P4(i)$
Jumlah		$\sum P1(j)$	$\sum P2(j)$	$\sum P3(j)$	$\sum P4(j)$	$\sum P(i,j)$

Keterangan: 1 → jika dilakukan perbaikan
 0 → jika tidak dilakukan perbaikan

2.3.2 Menentukan Probabilitas Awal

Tabel 2.4 Probabilitas Status Awal

status akhir (j) \ status awal (i)		1(j)	2(j)	3(j)	4(j)	
		baik	ringan	sedang	berat	Jumlah
1(i)	baik	P11	0	0	P14	$\Sigma P1(i)$
2(i)	ringan	P21	P22	0	0	$\Sigma P2(i)$
3(i)	sedang	P31	P32	P33	0	$\Sigma P3(i)$
4(i)	berat	P41	P42	P43	0	$\Sigma P4(i)$
Jumlah		$\Sigma P1(j)$	$\Sigma P2(j)$	$\Sigma P3(j)$	$\Sigma P4(j)$	$\Sigma P(i,j)$

Menghitung peluang awal dengan rumus :

$$P \text{ awal} = \frac{\Sigma P(i)}{\Sigma P(i,j)} \quad (2.2)$$

$$P1 = \frac{\Sigma 1(i)}{\Sigma (i,j)}$$

$$P2 = \frac{\Sigma 2(i)}{\Sigma (i,j)}$$

$$P3 = \frac{\Sigma 3(i)}{\Sigma (i,j)}$$

$$P4 = \frac{\Sigma 4(i)}{\Sigma (i,j)}$$

Tabel 2.5 Hasil Probabilitas Status Awal

baik	P1
ringan	P2
sedang	P3
berat	P4

Hasil perhitungan probabilitas transisi status awal di atas merupakan peluang awal untuk menghitung probabilitas transisi perawatan usulan.

2.3.3 Menentukan Probabilitas n- langkah

Tabel 2.6 Probabilitas Transisi n – langkah

status akhir (j) \ status awal (i)		1(j)	2(j)	3(j)	4(j)	
		baik	ringan	sedang	berat	Jumlah
1(i)	baik	P11	0	0	P14	$\sum P1(i)$
2(i)	ringan	P21	P22	0	0	$\sum P2(i)$
3(i)	sedang	P31	P32	P33	0	$\sum P3(i)$
4(i)	berat	P41	P42	P43	0	$\sum P4(i)$
Jumlah		$\sum P1(j)$	$\sum P2(j)$	$\sum P3(j)$	$\sum P4(j)$	$\sum P(i,j)$

Menghitung probabilitas n - langkah dengan rumus:

$P_{n - langkah} = \text{jumlah kerusakan pada tiap status} / \sum P(i)$ Persamaan 2.3

$$P_{n - langkah 11} = \frac{P11}{\sum P1(i)}$$

$$P_{n - langkah 31} = \frac{P31}{\sum P3(i)}$$

$$P_{n - langkah 12} = \frac{0}{\sum P1(i)}$$

$$P_{n - langkah 32} = \frac{P32}{\sum P3(i)}$$

$$P_{n - langkah 13} = \frac{0}{\sum P1(i)}$$

$$P_{n - langkah 33} = \frac{P33}{\sum P3(i)}$$

$$P_{n - langkah 14} = \frac{P14}{\sum P1(i)}$$

$$P_{n - langkah 34} = \frac{0}{\sum P3(i)}$$

$$P_{n - langkah 21} = \frac{P21}{\sum P2(i)}$$

$$P_{n - langkah 41} = \frac{P41}{\sum P4(i)}$$

$$P_{n - langkah 22} = \frac{P22}{\sum P2(i)}$$

$$P_{n - langkah 42} = \frac{P42}{\sum P4(i)}$$

$$P_{n - langkah 23} = \frac{0}{\sum P2(i)}$$

$$P_{n - langkah 43} = \frac{P43}{\sum P4(i)}$$

$$P_{n - langkah 24} = \frac{0}{\sum P2(i)}$$

$$P_{n - langkah 44} = \frac{0}{\sum P4(i)}$$

Hasil perhitungan probabilitas n – langkah ditunjukkan pada tabel:

Tabel 2.7 Hasil Probabilitas n – langkah

status akhir (j) \ status awal (i)		1(j)	2(j)	3(j)	4(j)
		baik	ringan	sedang	berat
1(i)	baik	Pn – langkah 11	0	0	Pn – langkah 14
2(i)	ringan	Pn – langkah 21	Pn – langkah 22	0	0
3(i)	sedang	Pn – langkah 31	Pn – langkah 32	Pn – langkah 33	0
4(i)	berat	Pn – langkah 41	Pn – langkah 42	Pn – langkah 43	0

Probabilitas n – langkah ini digunakan untuk langkah berikutnya melakukan perhitungan probabilitas transisi perawatan usulan.

2.3.4 Menghitung Probabilitas Transisi Perawatan Usulan

Probabilitas transisi perawatan usulan $P_{tpu(j)}$ dihitung dengan probabilitas transisi awal dikali dengan probabilitas n – langkah, maka didapatkan probabilitas transisi perawatan usulan sebagai berikut:

$$P_{tpu(j)} = P_{awal} * P_{n - langkah} \quad (2.4)$$

$$P_{tpu(j)11} = P_1 * 0.44 \quad P_{n - langkah 11} \quad P_{tpu(j)31} = P_1 * P_{n - langkah 31}$$

$$P_{tpu(j)12} = P_2 * 0$$

$$P_{tpu(j)32} = P_2 * P_{n - langkah 32}$$

$$P_{tpu(j)13} = P_3 * 0$$

$$P_{tpu(j)33} = P_3 * P_{n - langkah 33}$$

$$P_{tpu(j)14} = P_4 * P_{n - langkah 14}$$

$$P_{tpu(j)34} = P_4 * 0 = 0$$

$$P_{tpu(j)21} = P_1 * P_{n - langkah 21}$$

$$P_{tpu(j)41} = P_1 * P_{n - langkah 41}$$

$$P_{tpu(j)22} = P_2 * P_{n - langkah 22}$$

$$P_{tpu(j)42} = P_2 * P_{n - langkah 42}$$

$$P_{tpu(j)23} = P_2 * 0$$

$$P_{tpu(j)43} = P_3 * P_{n - langkah 43}$$

$$P_{tpu(j)24} = P_3 * 0$$

$$P_{tpu(j)44} = P_4 * 0$$

Tabel 2.8 Probabilitas Transisi Perawatan Usulan

status akhir (j) status awal (i)		1(j)	2(j)	3(j)	4(j)
		baik	ringan	sedang	berat
1(i)	baik	P tpu(j)11	0	0	P tpu(j)14
2(i)	ringan	P tpu(j)21	P tpu(j)22	0	0
3(i)	sedang	P tpu(j)31	P tpu(j)32	P tpu(j)33	0
4(i)	berat	P tpu(j)41	P tpu(j)42	P tpu(j)43	0

Probabilitas transisi usulan ini dijadikan acuan untuk menghitung biaya korektif dan biaya pencegahan usulan.

2.3.5 Menentukan Matriks Probabilitas Transisi Kerusakan Mesin

Dalam menentukan matriks probabilitas transisi kerusakan mesin *CINCINNATI MILACRON*, maka terlebih dahulu menghitung dengan rumus:

$$P_{tkp} = P_{tpu(j)} / \sum P_{tpu(i)} \quad (2.5)$$

$$P_{tkp 11} = \frac{P_{tpu(j)11}}{\sum P_{tpu1(i)}}$$

$$P_{tkp 31} = \frac{P_{tpu(j)31}}{\sum P_{tpu3(i)}}$$

$$P_{tkp 12} = \frac{0}{\sum P_{tpu1(i)}}$$

$$P_{tkp 32} = \frac{P_{tpu(j)32}}{\sum P_{tpu3(i)}}$$

$$P_{tkp 13} = \frac{0}{\sum P_{tpu1(i)}}$$

$$P_{tkp 33} = \frac{P_{tpu(j)33}}{\sum P_{tpu3(i)}}$$

$$P_{tkp 14} = \frac{P_{tpu(j)14}}{\sum P_{tpu1(i)}}$$

$$P_{tkp 34} = \frac{0}{\sum P_{tpu3(i)}}$$

$$P_{tkp 21} = \frac{P_{tpu(j)21}}{\sum P_{tpu2(i)}}$$

$$P_{tkp 41} = \frac{P_{tpu(j)41}}{\sum P_{tpu4(i)}}$$

$$P_{tkp 22} = \frac{P_{tpu(j)22}}{\sum P_{tpu2(i)}}$$

$$P_{tkp 42} = \frac{P_{tpu(j)42}}{\sum P_{tpu4(i)}}$$

$$P_{tkp 23} = \frac{0}{\sum P_{tpu2(i)}}$$

$$P_{tkp 43} = \frac{P_{tpu(j)43}}{\sum P_{tpu4(i)}}$$

$$P_{tkp 24} = \frac{0}{\sum P_{tpu2(i)}}$$

$$P_{tkp 44} = \frac{0}{\sum P_{tpu4(i)}}$$

Hasil perhitungan probabilitas transisi kerusakan diatas ditunjukkan pada tabel:

Tabel 2.9 Matrik Probabilitas Transisi Kerusakan

status akhir (j) status awal (i)		1(j)	2(j)	3(j)	4(j)
		baik	ringan	sedang	berat
1(i)	baik	Ptkp 11	0	0	Ptkp 14
2(i)	ringan	Ptkp 21	Ptkp 22	0	0
3(i)	sedang	Ptkp 31	Ptkp 32	Ptkp 33	0
4(i)	berat	Ptkp 41	Ptkp 42	Ptkp 43	0

Matrik probabilitas transisi di atas digunakan untuk menghitung biaya perawatan korektif dan pencegahan oleh perusahaan.

2.3.6 Menentukan Biaya Rata – rata Perawatan

- Biaya Rata – rata PM (*Preventive Maintenance*)

Menghitung biaya rata – rata PM = total biaya *maintenance* PM / jumlah *maintenance* PM.

Total biaya *maintenance* meliputi = total biaya downtime + total biaya SDM + total biaya *spare part*.

Jumlah *maintenance* PM selama 2 tahun yaitu tahun 2015 dan 2016 adalah 4 kali perawatan.

- Biaya Rata – rata CM (*Corrective Maintenance*)

Menghitung biaya rata –rata CM = total biaya *maintenance* CM / jumlah *maintenance* CM.

Total biaya *maintenance* CM meliputi = total biaya *down time* + total biaya SDM + total biaya *spare part*.

Jumlah *maintenance* CM selama 2 tahun yaitu tahun 2015 dan 2016 adalah 49 kali perawatan.

2.3.7 Biaya PM (*Preventive Maintenance*) dan CM (*Corrective Maintenance*) Perusahaan

Perhitungan biaya ini didasarkan pada probabilitas transisi kerusakan mesin *Cincinnati Milacron*.

PM dan CM perusahaan :

- Kondisi status ringan
 - = ((Ptkp 21 x Biaya Rata – rata PM dan CM) + (Ptkp 22 x Biaya Rata – rata PM dan CM))
 - = Biaya Perawatan Mesin *Cincinnati Milacron* Pada Kondisi Kerusakan Ringan dari Perusahaan
- Kondisi status sedang
 - = ((Ptkp 31 x Biaya Rata – rata PM dan CM) + (Ptkp 32 x Biaya Rata – rata PM dan CM) + (Ptkp 33 x Biaya Rata – rata PM dan CM))
 - = Biaya Perawatan Mesin *Cincinnati Milacron* Pada Kondisi Kerusakan Sedang dari Perusahaan
- Kondisi status berat
 - = ((Ptkp 41 x Biaya Rata – rata PM dan CM) + (Ptkp 42 x Biaya Rata – rata PM dan CM) + (Ptkp 43 x Biaya Rata – rata PM dan CM))
 - = Biaya Perawatan Mesin *Cincinnati Milacron* Pada Kondisi Kerusakan Berat dari Perusahaan

2.3.8 Biaya PM (*Preventive Maintenance*) dan CM (*Corrective Maintenance*) Usulan

Perhitungan biaya ini didasarkan pada probabilitas transisi mesin *Cincinnati Milacron* usulan.

PM dan CM usulan :

- Kondisi status ringan
 - = ((Ptpu 21 x Biaya Rata – rata PM dan CM) + (Ptpu 22 x Biaya Rata – rata PM dan CM))
 - = Biaya Perawatan Mesin *Cincinnati Milacron* Pada Kondisi Kerusakan Ringan Yang Diusulkan

- Kondisi status sedang

$$= ((P_{tpu\ 31} \times \text{Biaya Rata – rata PM dan CM}) + (P_{tpu\ 32} \times \text{Biaya Rata – rata PM dan CM}) + (P_{tpu\ 33} \times \text{Biaya Rata – rata PM dan CM}))$$

$$= \text{Biaya Perawatan Mesin } Cincinnati\ Milacron \text{ Pada Kondisi Kerusakan Sedang Yang Diusulkan}$$
- Kondisi status berat

$$= ((P_{tpu\ 41} \times \text{Biaya Rata – rata PM dan CM}) + (P_{tpu\ 42} \times \text{Biaya Rata – rata PM dan CM}) + (P_{tpu\ 43} \times \text{Biaya Rata – rata PM dan CM}) + (P_{tpu\ 14} \times \text{Biaya Rata – rata PM dan CM}))$$

$$= \text{Biaya Perawatan Mesin } Cincinnati\ Milacron \text{ Pada Kondisi Kerusakan Berat Yang Diusulkan}$$

2.3.9 Perencanaan Penjadwalan PM (*Preventive Maintenance*) Tahun 2017 dan 2018 Mesin *Cincinnati Milacron* Berdasarkan Metode *MARKOV CHAIN*

Dengan menggunakan kajian metode *MARKOV CHAIN* yang memanfaatkan data riil pemeliharaan berdasarkan PM dan CM dalam 2 tahun yaitu tahun 2015 dan 2016 waktu pemeliharaan selama 162.92 jam.menit dan memerlukan biaya sebesar Rp. 130.186.351,- dan pemeliharaan sebanyak 4 kali dalam 2 tahun dengan jangka waktu per- 6bulan. Maka diusulkan PM tahun 2017 dan 2018 sebagai berikut :

$$= \frac{\text{biaya pemeliharaan (usulan)}}{\text{biaya pemeliharaan (perusahaan)}} \times \text{waktu pemeliharaan} \quad (2.6)$$

Tabel 2.10 Total Waktu dan Biaya PM Tahun 2017 dan 2018

Kondisi Kerusakan	Biaya Pemeliharaan (usulan)	Biaya Pemeliharaan (perusahaan)	Waktu Pemeliharaan Perusahaan	Total Waktu PM
Ringan	Bp(u)	Bp(p)	Wp(p)	Tot.W(PM)
Sedang	Bp(u)	Bp(p)	Wp(p)	Tot.W(PM)
Berat	Bp(u)	Bp(p)	Wp(p)	Tot.W(PM)

Dengan penjadwalan pemeliharaan sebagai berikut :

$$= \frac{\text{biaya rata–rata pemeliharaan (usulan)}}{\text{biaya rata–rata pemeliharaan (perusahaan)}} \times \text{waktu pemeliharaan usulan} \quad (2.7)$$

Tabel 2.11 Total Waktu dan Biaya PM Setiap 1 Kali Perawatan

Kondisi Kerusakan	Biaya Rata - rata Pemeliharaan (usulan)	Biaya Rata - rata Pemeliharaan (perusahaan)	Waktu Pemeliharaan usulan	Total Waktu PM
Ringan	Brp(u)	Brp(p)	Wp(u)	Tot.W(PM)
Sedang	Brp(u)	Brp(p)	Wp(u)	Tot.W(PM)
Berat	Brp(u)	Brp(p)	Wp(u)	Tot.W(PM)

Dengan periode waktu PM per-1 tahun sebagai berikut :

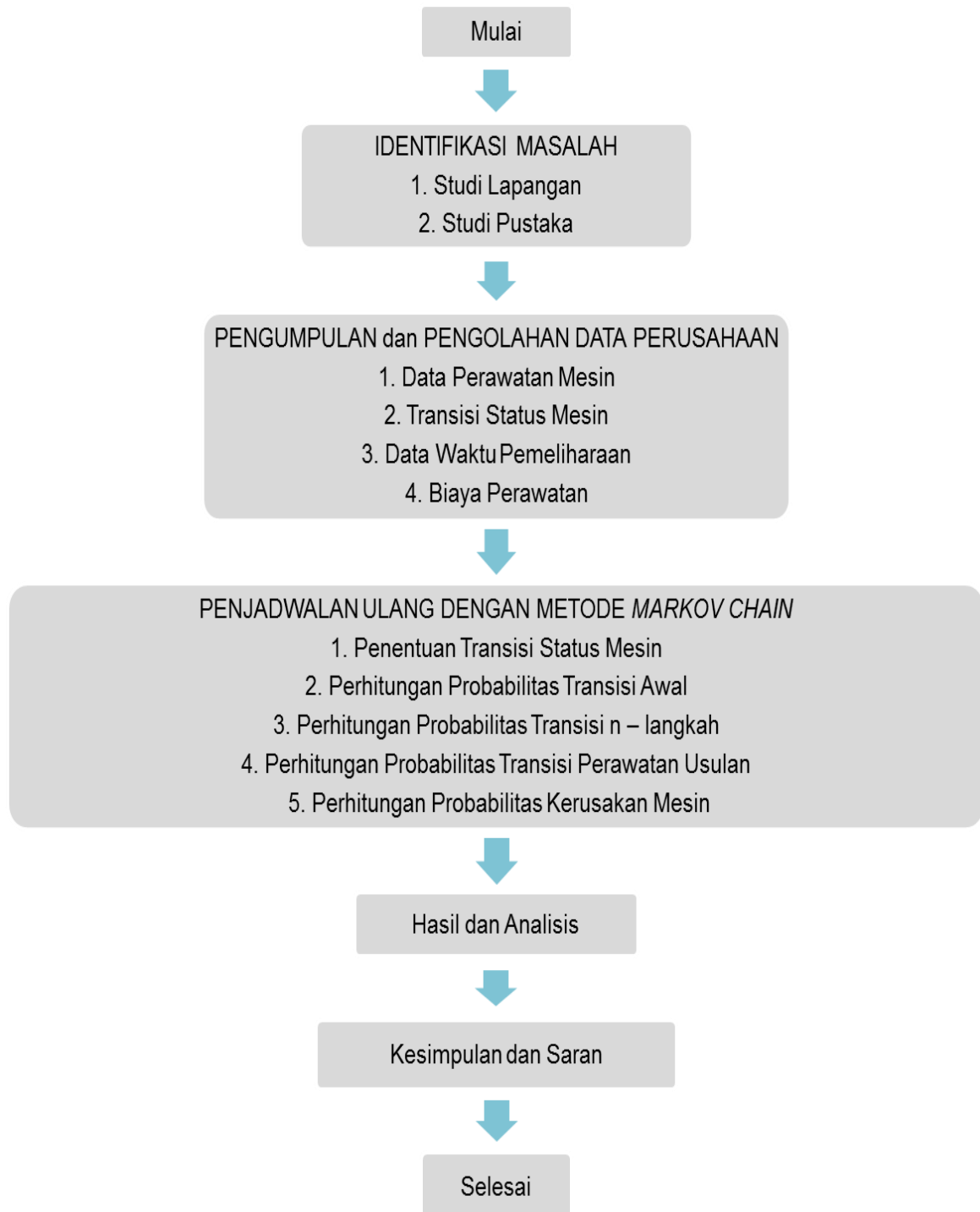
$$= \frac{\text{waktu PM usulan}}{\text{waktu PM perusahaan}} = x \text{ 12 bulan} = \text{bulan} \quad (2.8)$$

Tabel 2.12 Periode waktu PM per1 Tahun

Kondisi Kerusakan	Waktu Pemeliharaan (usulan)	Waktu Pemeliharaan (perusahaan)	Jumlah Bulan dalam 1 tahun	Bulan
Ringan	Wp(u)	Wp(p)	12	B
Sedang	Wp(u)	Wp(p)	12	B
Berat	Wp(u)	Wp(p)	12	B

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Flow Chart



Gambar 3-1 Diagram Alur Penjadwalan Perawatan Metode *Markov Chain*

3.2 Identifikasi Masalah

3.2.1 Studi Lapangan

Mendatangi secara langsung ke industri yang akan diamati jadwal perawatannya dengan cara observasi, wawancara dan dokumentasi.

3.2.2 Studi Pustaka

Penulis mengkaji dan juga membaca jurnal-jurnal dan buku mengenai teori *MARKOV CHAIN*, perawatan mesin, mesin perkakas.

3.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data Perusahaan

Dari hasil penulis lakukan dentifikasi masalah maka dalam menentukan biaya perawatan mesin *Cincinnati Milacron*, maka terlebih dahulu diperlukan data. Data yang digunakan antara lain data downtime, data waktu pemeliharaan dalam perusahaan, data biaya perawatan PM (*Preventive Maintenance*) dan CM (*Corrective Maintenance*), data klasifikasi kerusakan mesin selama 2 tahun (perusahaan dan usulan), data transisi status mesin.

3.3.1 Data *Down time*

Data *down time* pada mesin *Cincinnati Milacron* adalah data sekunder perusahaan yang diambil selama 2 tahun (2015 dan 2016)

Berikut status untuk mesin *Cincinnati Milacron* dibawah ini :

1. Kondisi baik
 - Mesin berjalan dengan baik (normal)
 - Tidak mengalami kerusakan
2. Kondisi rusak ringan
 - Kotor
 - Kurang oli
 - Axis miring
3. Kondisi rusak sedang
 - Tidak mau aktif
 - Tekanan tidak normal
 - Lampu sirine mati
4. Kondisi rusak berat
 - Rusak
 - Pecah
 - Tidak berfungsi

3.3.2 Data Waktu Pemeliharaan

Waktu pemeliharaan yang ditetapkan unit maintenance perusahaan dalam 1 hari dibagi dalam 2 shift yaitu pagi dan malam dengan jumlah waktu 16 jam. dapat dilihat dalam tabel di bawah ini :

Tabel 3.1 Data Waktu Pemeliharaan Dalam Perusahaan

	hari	waktu (jam)
shift 1	senin - kamis	07.30 - 16.30
	jumat	07.30 - 17.00
shift 2	senin - kamis	16.30 - 24.00
	jumat	17.00 - 24.00

Waktu pemeliharaan PM (*Preventive Maintenance*) dan CM (*Corrective Maintenance*) mesin *Cincinnati Milacron* selama 2 tahun (2015 dan 2016) berdasarkan data dari perusahaan adalah :

Tabel 3.2 Data *Down Time* Mesin *Cincinnati Milacron*

No.	Nama Kegiatan Perawatan	Total Down Time (jam.menit)
1	PM (<i>Preventive Maintenance</i>)	162.92
2	CM (<i>Corrective Maintenance</i>)	566.85
	Jumlah	729.77

Keterangan :

- Waktu pemeliharaan *Preventive* adalah waktu 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 dalamn proses produksi.
- Waktu pemeliharaan *Corrective* adalah waktu kegiatan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi fasilitas/peralatan sehingga mencapai standar yang dapat diterima.
- CATATAN : untuk lebih jelas pada (lampiran)

3.3.3 Data Perawatan dan Biaya Perawatan PM (*Preventive Maintenance*) dan CM (*Corrective Maintenance*)

(LAMPIRAN)

3.3.4 Data Klasifikasi Kerusakan Mesin Selama 2 Tahun (perusahaan dan usulan)

Tabel 3.3 Pengelompokkan Data Kerusakan PM-CM Mesin *Cincinnati Milacron* Berdasarkan *Down time* dan Tot. Biaya *Maintenance* Selama 2 Tahun (perusahaan)

no	jenis pekerjaan	down time (jam)	tot. biaya maintenance	status		
1	CM1	23.75	Rp7,995,960			berat
2	CM2	3.00	Rp973,600		Ringan	
3	CM3	1.48	Rp506,240		Ringan	
4	CM4	1.11	Rp387,040		Ringan	
5	PM1	0.25	Rp208,500	baik		
6	CM5	2.60	Rp935,200		Ringan	
7	CM6	1.73	Rp548,240		Ringan	
8	CM7	2.27	Rp1,180,451			sedang
9	CM8	1.76	Rp566,880		Ringan	
10	CM9	1.27	Rp405,760		Ringan	
11	CM10	18.00	Rp15,854,426			berat
12	CM11	24.00	Rp65,130,558			berat
13	CM12	32.33	Rp35,012,180			berat
14	CM13	1.00	Rp328,000		Ringan	
15	CM14	2.00	Rp20,604,562			berat
16	CM15	1.59	Rp507,920		Ringan	
17	CM16	7.27	Rp2,413,760			sedang
18	PM2	3.50	Rp1,421,000	baik		
19	CM17	4.09	Rp4,910,944			sedang
20	CM18	10.00	Rp3,358,552			sedang
21	CM19	6.00	Rp2,158,000			sedang
22	CM20	8.00	Rp2,446,500			sedang
23	CM21	3.08	Rp1,010,240		Ringan	
24	CM22	56.00	Rp18,648,000			berat
25	CM23	49.00	Rp27,471,500			berat
26	CM24	1.27	Rp445,760		Ringan	
27	CM25	2.27	Rp813,760		Ringan	
28	CM26	1.26	Rp402,880		Ringan	
29	CM27	45.00	Rp13,559,154			berat
30	CM28	1.26	Rp442,880		Ringan	
31	CM29	7.27	Rp3,007,100			sedang
32	CM30	1.79	Rp1,108,295			sedang
33	PM3	138.17	Rp116,051,760	baik		
34	CM31	3.77	Rp1,786,960			sedang
35	CM32	10.00	Rp3,155,000			sedang
36	CM33	1.26	Rp442,880		Ringan	

no	jenis pekerjaan	down time (jam)	tot. biaya maintenance	status			
37	CM34	13.00	Rp3,906,500			sedang	
38	CM35	2.76	Rp894,880			sedang	
39	CM36	1.11	Rp386,080			sedang	
40	CM37	3.50	Rp1,048,000			sedang	
41	CM38	0.79	Rp247,520		Ringan		
42	CM39	0.50	Rp164,001		Ringan		
43	CM40	6.00	Rp2,605,500			sedang	
44	CM41	1.44	Rp519,720		Ringan		
45	CM42	3.44	Rp1,203,720		Ringan		
46	PM4	21.00	Rp12,505,091	baik			
47	CM43	12.00	Rp4,416,000			sedang	
48	CM44	6.15	Rp2,224,800			sedang	
49	CM45	3.11	Rp1,008,880		Ringan		
50	CM46	1.26	Rp402,880		Ringan		
51	CM47	5.31	Rp15,964,236				berat
52	CM48	56.00	Rp16,793,000				berat
53	CM49	114.00	Rp44,460,380				berat
	jumlah	729.77	Rp464,951,631	4	21	17	11

Tabel 3.4 Pengelompokkan Data Kerusakan PM-CM Mesin *Cincinnati Milacron* Berdasarkan *Down time* dan Tot. Biaya *Maintenance* Selama 2 Tahun (usulan)

no	jenis pekerjaan	down time (jam)	tot. biaya maintenance	status			
1	CM1	23.75	Rp7,995,960			sedang	
2	CM2	3.00	Rp973,600		ringan		
3	CM3	1.48	Rp506,240		ringan		
4	CM4	1.11	Rp387,040		ringan		
5	PM1	0.25	Rp208,500	Baik			
6	CM5	2.60	Rp935,200		ringan		
7	CM6	1.73	Rp548,240		ringan		
8	CM7	2.27	Rp1,180,451		ringan		
9	CM8	1.76	Rp566,880		ringan		
10	CM9	1.27	Rp405,760		ringan		
11	CM10	18.00	Rp15,854,426				berat
12	CM11	24.00	Rp65,130,558				berat
13	CM12	32.33	Rp35,012,180				berat
14	CM13	1.00	Rp328,000		ringan		
15	CM14	2.00	Rp20,604,562			sedang	
16	CM15	1.59	Rp507,920		ringan		

no	jenis pekerjaan	down time (jam)	tot. biaya maintenance	status			
17	CM16	7.27	Rp2,413,760		ringan		
18	PM2	3.50	Rp1,421,000	Baik			
19	CM17	4.09	Rp4,910,944			sedang	
20	CM18	10.00	Rp3,358,552			sedang	
21	CM19	6.00	Rp2,158,000			sedang	
22	CM20	8.00	Rp2,446,500			sedang	
23	CM21	3.08	Rp1,010,240		ringan		
24	CM22	56.00	Rp18,648,000				berat
25	CM23	49.00	Rp27,471,500				berat
26	CM24	1.27	Rp445,760		ringan		
27	CM25	2.27	Rp813,760		ringan		
28	CM26	1.26	Rp402,880		ringan		
29	CM27	45.00	Rp13,559,154			sedang	
30	CM28	1.26	Rp442,880		ringan		
31	CM29	7.27	Rp3,007,100			sedang	
32	CM30	1.79	Rp1,108,295		ringan		
33	PM3	138.17	Rp116,051,760	Baik			
34	CM31	3.77	Rp1,786,960		ringan		
35	CM32	10.00	Rp3,155,000			sedang	
36	CM33	1.26	Rp442,880		ringan		
37	CM34	13.00	Rp3,906,500		ringan		
38	CM35	2.76	Rp894,880			sedang	
39	CM36	1.11	Rp386,080			sedang	
40	CM37	3.50	Rp1,048,000		ringan		
41	CM38	0.79	Rp247,520	Baik			
42	CM39	0.50	Rp164,001	Baik			
43	CM40	6.00	Rp2,605,500		ringan		
44	CM41	1.44	Rp519,720		ringan		
45	CM42	3.44	Rp1,203,720		ringan		
46	PM4	21.00	Rp12,505,091	Baik			
47	CM43	12.00	Rp4,416,000		ringan		
48	CM44	6.15	Rp2,224,800		ringan		
49	CM45	3.11	Rp1,008,880		ringan		
50	CM46	1.26	Rp402,880		ringan		
51	CM47	5.31	Rp15,964,236			sedang	
52	CM48	56.00	Rp16,793,000			sedang	
53	CM49	114.00	Rp44,460,380			sedang	
	jumlah	729.77	Rp464,952,631	6	28	14	5

- Dari data usulan didapat bahwa dari kerusakan ringan di usulkan menjadi kerusakan baik hasil observasi, wawancara dan data bahwa mesin pada saat perbaikan dalam keadaan on (mesin tidak mati).
- Kerusakan sedang di usulkan menjadi kerusakan ringan seperti CM7, CM16, PM2, CM30, CM31, CM34, CM37, CM40, CM43, CM44 dengan mengurangi waktu tunggu part dan waktu mesin off dan waktu perawatan mesin dengan menambahkan teknisi atau menggunakan teknisi yang handal maka waktu perawatan mesin berkurang yang sangat berpengaruh terhadap biaya perawatan.
- Kerusakan berat yang di usulkan menjadi kerusakan sedang seperti CM1, CM14, CM27, PM4, CM47, CM48, CM49 dengan mengurangi waktu tunggu part, waktu mesin off karena tidak adanya produksi setelah maintenance dan menambahkan atau menggunakan teknisi yang handal, karena waktu tersebut di jumlahkan dalam waktu *down time* yang dapat meminimalisasikan biaya *down time* dan waktu tunggu part dapat di hilangkan dengan menyediakan part part yang waktu pengadaan partnya memakan waktu yang cukup lama serta menambahkan teknisi yang handal agar waktu perawatan mesin dapat lebih cepat.

Dari tabel 3.2 dan 3.3 dapat dibuat tabel frekuensi perhitungan jumlah kegiatan maintenance mesin *Cincinnati Milacron* 2 tahun (2015 dan 2016) dari perusahaan dan yang diusulkan dengan acuan dari tabel klasifikasi kerusakan mesin *Cincinnati Milacron* di bawah ini :

Tabel 3.5 Klasifikasi Kerusakan Mesin *Cincinnati Milacron*

Statu s	kelas	Jenis kegiatan	Kondisi mesin	Down time	Cost
1	Baik	PM	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Mesin berjalan dengan baik (normal) ◦ Kegiatan maintenance terjadwal (PM) 	Sesuai jadwal PM	
2	Ringan	CM	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Kotor ◦ Kurang oli ◦ Axis miring 	DT<2 jam	<Rp.1.000.000,00
3	Sedang	CM	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Tidak mau aktif ◦ Tekanan tidak normal ◦ Lampu sirine mati 	DT<15	>Rp.1.000.000,00 - <Rp.5.000.000,00
4	Berat	CM	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Rusak ◦ Pecah ◦ Tidak berfungsi 	DT>15jam	>Rp.5.000.000,00

Tabel 3.6 Frekuensi Perhitungan Jumlah Kegiatan *Maintenance* Mesin *Cincinnati Milacron 2* Tahun (2015 dan 2016) Dari Perusahaan dan yang Diusulkan

status akhir (j) \ status awal (i)		1(j)	2(j)	3(j)	4(j)	Jumlah
		baik	ringan	sedang	berat	
1(i)	baik	4	0	0	0	4
2(i)	ringan	2	19	0	0	21
3(i)	sedang	0	9	8	0	17
4(i)	berat	0	0	6	5	11
Jumlah		6	28	14	5	53

Keterangan :

- Status awal (i) : status kondisi mesin dari perusahaan
1(i) : kondisi baik, 2(i) : kondisi kerusakan ringan, 3(i) : kondisi kerusakan sedang, 4(i) : kondisi kerusakan berat.
Status akhir (j) : status kondisi mesin yang diusulkan
1(j) : kondisi baik, 2(j) : kondisi kerusakan ringan, 3(j) : kondisi kerusakan sedang, 4(j) : kondisi kerusakan berat.
- Arti angka dalam tabel (jumlah frekuensi status mesin)
Baik/baik = 4 → jumlah frekuensi status mesin pada kondisi baik ke kondisi baik adalah 4
Baik/ringan = 0 → jumlah frekuensi status mesin pada kondisi baik ke kerusakan ringan adalah 0
Baik/sedang = 0 → jumlah frekuensi status mesin pada kondisi baik ke kerusakan sedang adalah 0
Baik/berat = 0 → jumlah frekuensi status mesin pada kondisi baik ke kerusakan berat adalah 0
Ringan/baik = 2 → jumlah frekuensi status mesin pada kondisi kerusakan ringan ke kondisi baik adalah 2
Ringan/ringan = 19 → jumlah frekuensi status mesin pada kondisi kerusakan ringan ke kondisi kerusakan ringan adalah 19
Ringan/sedang = 0 → jumlah frekuensi status mesin pada kondisi kerusakan ringan ke kondisi kerusakan sedang adalah 0
Ringan/berat = 0 → jumlah frekuensi status mesin pada kondisi kerusakan ringan ke kondisi kerusakan berat adalah 0

Sedang/baik = 0 → jumlah frekuensi status mesin pada kondisi kerusakan sedang ke kondisi baik adalah 0

Sedang/ringan = 9 → jumlah frekuensi status mesin pada kondisi kerusakan sedang ke kondisi kerusakan ringan adalah 9

Sedang/sedang = 8 → jumlah frekuensi status mesin pada kondisi kerusakan sedang ke kondisi kerusakan sedang adalah 8

Sedang/berat = 0 → jumlah frekuensi status mesin pada kondisi kerusakan sedang ke kondisi kerusakan berat adalah 0

Berat/baik = 0 → jumlah frekuensi status mesin pada kondisi kerusakan berat ke kondisi baik adalah 0

Berat/ringan = 0 → jumlah frekuensi status mesin pada kondisi kerusakan berat ke kondisi kerusakan ringan adalah 0

Berat/sedang = 6 → jumlah frekuensi status mesin pada kondisi kerusakan berat ke kondisi kerusakan sedang adalah 6

Berat/berat = 5 → jumlah frekuensi status mesin pada kondisi kerusakan berat ke kondisi kerusakan berat adalah

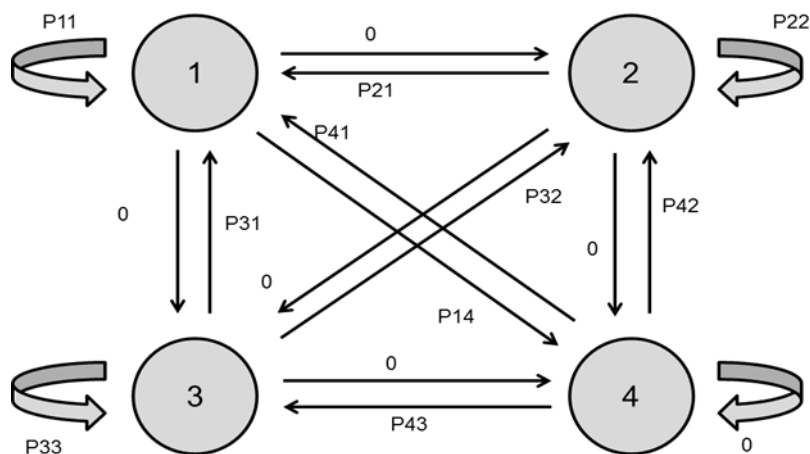
3.3.5 Data Transisi Status mesin

Perubahan status mesin *Cincinnati Milacron* dari jenis kerusakan mesin pada kondisi sebelumnya (baik, ringan, sedang, berat). Perubahan status mesin ini didapat dari tabel frekuensi perhitungan jumlah kegiatan maintenance tahun 2015 dan 2016 dari perusahaan dan yang diusulkan.

Tabel 3.7 Frekuensi Perhitungan Jumlah Kegiatan *Maintenance* Mesin *Cincinnati Milacron 2* Tahun (2015 dan 2016) Dari Perusahaan dan yang Diusulkan

status akhir (j)		1(j)	2(j)	3(j)	4(j)	Jumlah
		baik	ringan	sedang	berat	
1(i)	baik	4	0	0	0	4
	ringan	2	19	0	0	21
3(i)	sedang	0	9	8	0	17
	berat	0	0	6	5	11
Jumlah		6	28	14	5	53

Dari tabel tersebut dapat dibuat tabel data probabilitas transisi status kondisi *Cincinnati Milacron* dengan menggunakan vector sebagai berikut :



Gambar 3-2 Vektor Transisi Diagram

Keterangan :

1. Menyatakan status 1 (baik)
2. Menyatakan status 2 (kerusakan ringan)
3. Menyatakan status 3 (kerusakan sedang)
4. Menyatakan status 4 (kerusakan berat)

Maka probabilitas transisi status kondisi mesin *Cincinnati Milacron* :

Tabel 3.8 Probabilitas Transisi Kondisi Mesin *Cincinnati Milacron*

status akhir (j) \ status awal (i)		1(j)	2(j)	3(j)	4(j)	
		baik	ringan	sedang	berat	Jumlah
1(i)	baik	4	0	0	5	9
2(i)	ringan	2	19	0	0	21
3(i)	sedang	0	9	8	0	17
4(i)	berat	0	0	6	0	6
	Jumlah	6	28	14	5	53

Probabilitas transisi status awal dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{\text{awal}} = \sum P(i) / \sum P(i,j) \quad (3.1)$$

Maka diperoleh hasil perhitungan di bawah ini:

Tabel 3.9 Hasil Probabilitas Status Awal

baik	0.17
ringan	0.40
sedang	0.32
berat	0.11

Sumber : data diolah

Hasil perhitungan probabilitas transisi awal di atas merupakan peluang awal untuk menghitung probabilitas transisi perawatan usulan. Kemudian setelah didapat probabilitas transisi awal dihitung probabilitas transisi n – langkah. Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{n - \text{langkah}} = \text{jumlah kerusakan pada tiap status} / \sum P(i) \quad (3.2)$$

Tabel 3.10 Hasil probabilitas n – langkah

status akhir (j) status awal (i)		1(j)	2(j)	3(j)	4(j)
		baik	ringan	sedang	berat
1(i)	baik	0.44	0	0	0.56
2(i)	ringan	0.10	0.90	0	0
3(i)	sedang	0	0.53	0.47	0
4(i)	berat	0	0	1	0

Sumber : data diolah

Probabilitas n – langkah ini digunakan untuk langkah berikutnya melakukan perhitungan probabilitas transisi perawatan usulan.

3.4 Penjadwalan Ulang Dengan Metode *Markov Chain*

Pengolahan data dilakukan menyusun ulang penjadwalan perawatan mesin dengan metode *MARKOV CHAIN* agar meminimalisasi biaya perawatan dan *spare part*. Dengan cara sebagai berikut :

1. Penentuan transisi status mesin
2. Perhitungan probabilitas transisi awal
3. Perhitungan probabilitas transisi n – langkah
4. Perhitungan probabilitas transisi perawatan usulan
5. Perhitungan probabilitas transisi kerusakan mesin

3.4.1 Menentukan Probabilitas Transisi Perawatan Usulan

Dalam menentukan probabilitas transisi perawatan usulan mesin *CINCINNATI MILACRON*, terlebih dahulu menentukan probabilitas akhir, probabilitas n – langkah sebagai berikut:

3.4.2 Menentukan Probabilitas Awal

Tabel 3.11 Probabilitas Status Awal

status akhir (j) \ status awal (i)		1(j)	2(j)	3(j)	4(j)	Jumlah
		baik	ringan	sedang	berat	
1(i)	baik	4	0	0	5	9
2(i)	ringan	2	19	0	0	21
3(i)	sedang	0	9	8	0	17
4(i)	berat	0	0	6	0	6
Jumlah		6	28	14	5	53

Menghitung peluang awal dengan rumus :

$$P \text{ awal} = \frac{\sum P(i)}{\sum P(i,j)} \quad (3.3)$$

$$P1 = \frac{9}{53} = 0.17$$

$$P2 = \frac{21}{53} = 0.40$$

$$P3 = \frac{17}{53} = 0.32$$

$$P4 = \frac{6}{53} = 0.11$$

Tabel 3.12 Hasil Probabilitas Status Awal

baik	0.17
ringan	0.40
sedang	0.32
berat	0.11

Hasil perhitungan probabilitas transisi status awal diatas merupakan peluang awal untuk menghitung probabilitas transisi perawatan usulan.

3.4.3 Menentukan Probabilitas n- langkah

Tabel 3.13 Probabilitas Transisi n – langkah

status akhir (j) status awal (i)		1(j)	2(j)	3(j)	4(j)	Jumlah
		baik	ringan	sedang	berat	
1(i)	baik	4	0	0	5	9
2(i)	ringan	2	19	0	0	21
3(i)	sedang	0	9	8	0	17
4(i)	berat	0	0	6	0	6
Jumlah		6	28	14	5	53

Menghitung probabilitas n - langkah dengan rumus:

$$P_{n - langkah} = \text{jumlah kerusakan pada tiap status} / \sum P(i) \quad (3.4)$$

$$P_{11} = \frac{4}{9} = 0.44$$

$$P_{31} = \frac{0}{17} = 0$$

$$P_{12} = \frac{0}{9} = 0$$

$$P_{32} = \frac{9}{17} = 0.53$$

$$P_{13} = \frac{0}{9} = 0$$

$$P_{33} = \frac{8}{17} = 0.47$$

$$P_{14} = \frac{5}{9} = 0.56$$

$$P_{34} = \frac{0}{17} = 0$$

$$P_{21} = \frac{2}{21} = 0.10$$

$$P_{41} = \frac{0}{6} = 0$$

$$P_{22} = \frac{19}{21} = 0.90$$

$$P_{42} = \frac{0}{6} = 0$$

$$P_{23} = \frac{0}{21} = 0$$

$$P_{43} = \frac{6}{6} = 1$$

$$P_{24} = \frac{0}{21} = 0$$

$$P_{44} = \frac{0}{6} = 0$$

Hasil perhitungan probabilitas n – langkah ditunjukkan pada tabel:

Tabel 3.14 Hasil Probabilitas n – langkah

status akhir (j) status awal (i)		1(j)	2(j)	3(j)	4(j)
		baik	ringan	sedang	berat
1(i)	baik	0.44	0	0	0.56
2(i)	ringan	0.10	0.90	0	0
3(i)	sedang	0	0.53	0.47	0
4(i)	berat	0	0	1	0

Probabilitas n – langkah ini digunakan untuk langkah berikutnya melakukan perhitungan probabilitas transisi perawatan usulan.

3.4.4 Menghitung Probabilitas Transisi Perawatan Usulan

Probabilitas transisi perawatan usulan $P_{tpu(j)}$ dihitung dengan probabilitas transisi awal dikali dengan probabilitas n – langkah, maka didapatkan probabilitas transisi perawatan usulan sebagai berikut:

$$P_{tpu(j)} = P_{awal} * P_{n - langkah} \quad (3.5)$$

$$P_{11} = 0.17 * 0.44 = 0.08$$

$$P_{31} = 0.17 * 0 = 0$$

$$P_{12} = 0.40 * 0 = 0$$

$$P_{32} = 0.40 * 0.53 = 0.21$$

$$P_{13} = 0.32 * 0 = 0$$

$$P_{33} = 0.32 * 0.47 = 0.15$$

$$P_{14} = 0.11 * 0.56 = 0.06$$

$$P_{34} = 0.11 * 0 = 0$$

$$P_{21} = 0.17 * 0.10 = 0.02$$

$$P_{41} = 0.17 * 0 = 0$$

$$P_{22} = 0.40 * 0.90 = 0.36$$

$$P_{42} = 0.40 * 0 = 0$$

$$P_{23} = 0.32 * 0 = 0$$

$$P_{43} = 0.32 * 1 = 0.32$$

$$P_{24} = 0.11 * 0 = 0$$

$$P_{44} = 0.11 * 0 = 0$$

Tabel 3.15 Probabilitas Transisi Perawatan Usulan

status akhir (j) status awal (i)		1(j)	2(j)	3(j)	4(j)
		baik	ringan	sedang	berat
1(i)	baik	0.08	0	0	0.06
2(i)	ringan	0.02	0.36	0	0
3(i)	sedang	0	0.21	0.15	0
4(i)	berat	0	0	0.32	0

Probabilitas transisi usulan ini dijadikan acuan untuk menghitung biaya korektif dan biaya pencegahan usulan.

3.4.5 Menentukan Matriks Probabilitas Transisi Kerusakan Mesin

Dalam menentukan matriks probabilitas transisi kerusakan mesin *CINCINNATI MILACRON*, maka terlebih dahulu menghitung dengan rumus:

$$P_{tkp} = \text{probabilitas tiap status} / \text{jumlah tiap status awal (i)} \quad (3.6)$$

$$P_{11} = \frac{0.08}{0.14} = 0.55$$

$$P_{31} = \frac{0}{0.36} = 0$$

$$P_{12} = \frac{0}{0.14} = 0$$

$$P_{32} = \frac{0.21}{0.36} = 0.58$$

$$P_{13} = \frac{0}{0.14} = 0$$

$$P_{33} = \frac{0.15}{0.36} = 0.42$$

$$P_{14} = \frac{0.06}{0.14} = 0.45$$

$$P_{34} = \frac{0}{0.36} = 0$$

$$P_{21} = \frac{0.02}{0.37} = 0.04$$

$$P_{41} = \frac{0}{0.32} = 0$$

$$P_{22} = \frac{0.36}{0.37} = 0.96$$

$$P_{42} = \frac{0}{0.32} = 0$$

$$P_{23} = \frac{0}{0.37} = 0$$

$$P_{43} = \frac{0.32}{0.32} = 1$$

$$P_{24} = \frac{0}{0.37} = 0$$

$$P_{44} = \frac{0}{0.32} = 0$$

Hasil perhitungan probabilitas transisi kerusakan diatas ditunjukkan pada tabel:

Tabel 3.16 Matrik Probabilitas Transisi Kerusakan

status akhir (j) \ status awal (i)		1(j)	2(j)	3(j)	4(j)
		baik	ringan	sedang	berat
1(i)	baik	0.55	0	0	0.45
2(i)	ringan	0.04	0.96	0	0
3(i)	sedang	0	0.58	0.42	0
4(i)	berat	0	0	1	0

Matrik probabilitas transisi di atas digunakan untuk menghitung biaya perawatan korektif dan pencegahan oleh perusahaan.

3.4.6 Menentukan Biaya Rata – rata Perawatan

- Biaya Rata – rata PM (*Preventive Maintenance*)

$$\text{Rp. } 130.186.351,- / 4 = \text{Rp. } 32.546.588,-$$

Jumlah maintenance PM selama 2 tahun yaitu tahun 2015 dan 2016 adalah 4 kali perawatan.

- Biaya Rata – rata CM (*Corrective Maintenance*)

$$\text{Rp. } 334.765.280,- / 49 = \text{Rp. } 6.831.944,-$$

Jumlah maintenance CM selama 2 tahun yaitu tahun 2015 dan 2016 adalah 49 kali perawatan.

3.4.7 Biaya PM (*Preventive Maintenance*) dan CM (*Corrective Maintenance*) Perusahaan

Perhitungan biaya ini didasarkan pada probabilitas transisi kerusakan mesin *Cincinnati Milacron*.

PM dan CM perusahaan :

- Kondisi status ringan

$$= ((0.04 \times \text{Rp. } 39.378.502,-) + (0.96 \times \text{Rp. } 39.378.502,-))$$

$$= \text{Rp. } 39.378.502,-$$
- Kondisi status sedang

$$= ((0.58 \times \text{Rp. } 39.378.502,-) + (0.42 \times \text{Rp. } 39.378.502,-))$$

$$= \text{Rp. } 39.378.502,-$$
- Kondisis status berat

$$= (1 \times \text{Rp. } 39.378.502,-) = \text{Rp. } 39.378.502,-$$

3.4.8 Biaya PM (*Preventive Maintenance*) dan CM (*Corrective Maintenance*)

Usulan

Perhitungan biaya ini didasarkan pada probabilitas transisi mesin *Cincinnati Milacron* usulan.

PM dan CM usulan :

- Kondisi status ringan
 $= ((0.02 \times \text{Rp. } 39.378.502,-) + (0.36 \times \text{Rp. } 39.378.502,-))$
 $= \text{Rp. } 14.753.617,-$
- Kondisi status sedang
 $= ((0.21 \times \text{Rp. } 39.378.502,-) + (0.15 \times \text{Rp. } 39.378.502,-))$
 $= \text{Rp. } 14.204.232,-$
- Kondisi status berat
 $= ((0.32 \times \text{Rp. } 39.378.502,-) + (0.06 \times \text{Rp. } 39.378.502,-))$
 $= \text{Rp. } 15.107.476,-$

3.4.9 Perencanaan Penjadwalan PM (*Preventive Maintenance*) Tahun 2017 dan 2018 Mesin *Cincinnati Milacron* Berdasarkan Metode *MARKOV CHAIN*

Dengan menggunakan kajian metode *MARKOV CHAIN* yang memanfaatkan data riil pemeliharaan berdasarkan PM dan CM dalam 2 tahun yaitu tahun 2015 dan 2016 waktu pemeliharaan selama 163.32 jam.menit dan memerlukan biaya sebesar Rp. 130.186.351,- dan Pemeliharaan sebanyak 4 kali dalam 2 tahun dengan jangka waktu per- 6bulan. Maka diusulkan PM tahun 2017 dan 2018 sebagai berikut :

$$= \frac{\text{biaya pemeliharaan (usulan)}}{\text{biaya pemeliharaan (perusahaan)}} \times \text{waktu pemeliharaan} \quad (3.7)$$

Tabel 3.17 Total Waktu dan Biaya PM Tahun 2017 dan 2018

Kondisi Kerusakan	Biaya Pemeliharaan (usulan)	Biaya Pemeliharaan (perusahaan)	Waktu Pemeliharaan perusahaan	Total Waktu PM
Ringan	Rp59,014,682	Rp130,186,351	163.32	74.25
Sedang	Rp56,816,929	Rp130,186,351	163.32	71.10
Berat	Rp60,429,902	Rp130,186,351	163.32	76.02

Jadi pemeliharaan mesin *Cincinnati Milacron* selama 2 tahun dengan pemeliharaan sebanyak 4 kali dan jangka waktu per- 6 bulan membutuhkan waktu dan biaya sebagai berikut :

- Kondisi kerusakan ringan
74.25 jam.menit dengan biaya Rp. 59.014.682,-
- Kondisi kerusakan sedang
71.10 jam.menit dengan biaya Rp. 56.816.929,-
- Kondisi kerusakan berat
76.02 jam.menit dengan biaya Rp. 60.429.902,-

Dengan penjadwalan pemeliharaan sebagai berikut :

$$= \frac{\text{biaya rata-rata pemeliharaan (usulan)}}{\text{biaya rata-rata pemeliharaan (perusahaan)}} \times \text{waktu pemeliharaan usulan} \quad (3.8)$$

Tabel 3.18 Total Waktu dan Biaya PM Setiap 1 Kali Perawatan

Kondisi Kerusakan	Biaya Rata - rata Pemeliharaan (usulan)	Biaya Rata - rata Pemeliharaan (perusahaan)	Waktu Pemeliharaan usulan	Total Waktu PM
Ringan	Rp14,753,671	Rp39,378,502	73.85	28.07
Sedang	Rp14,204,232	Rp39,378,502	71.10	26.05
Berat	Rp15,107,476	Rp39,378,502	75.62	29.01

Maka pemeliharaan mesin *Cincinnati Milacron* setiap 1 kali perawatan membutuhkan waktu dan biaya sebagai berikut :

- Kondisi kerusakan ringan
28.07 jam.menit dengan biaya Rp. 14.753.671,-
- Kondisi kerusakan sedang
26.05 jam.menit dengan biaya Rp. 14.204.232,-
- Kondisi kerusakan berat
29.01 jam.menit dengan biaya Rp. 615.107.476,-

Dengan periode waktu PM per-1 tahun sebagai berikut :

$$= \frac{\text{waktu PM usulan}}{\text{waktu PM perusahaan}} = x \text{ 12 bulan} = \text{bulan} \quad (3.9)$$

Tabel 3.19 Periode Waktu PM per 1 Tahun

Kondisi Kerusakan	Waktu Pemeliharaan (usulan)	Waktu Pemeliharaan (perusahaan)	Jumlah Bulan dalam 1 tahun	Bulan
Ringan	28.07	163.32	12	2.0
Sedang	26.05	163.32	12	1.9
Berat	29.01	163.32	12	2.1

Jadi penjadwalan PM (*Preventive Maintenance*) yang di usulkan menggunakan metode *MARKOV CHAIN* yaitu setiap 2 bulan selama 1 tahun.

3.4.10 Rekomendasi PM Tahun 2017 dan 2018

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

4.1 Hasil Perhitungan Biaya PM (*Preventive Maintenance*) dan CM (*Corrective Maintenance*) Pada Perusahaan dan Biaya PM (*Preventive Maintenance*) dan CM (*Corrective Maintenance*) Usulan

Berdasarkan hasil perhitungan biaya PM dan CM pada perusahaan dan usulan terdapat perubahan biaya yang mengalami penurunan diantara keduanya. Perubahan biaya tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.1 Selisih Biaya PM (*Preventive Maintenance*) dan CM (*Corrective Maintenance*) perusahaan dan usulan

Status Kerusakan Mesin	Biaya PM dan CM (perusahaan)	Biaya PM dan CM (yang diusulkan)	Selisih Biaya PM dan (perusahaan dan yang diusulkan)
ringan	Rp39,378,502	Rp14,753,617	Rp24,624,885 (63%)
sedang	Rp39,378,502	Rp14,204,232	Rp25,174,270 (64%)
berat	Rp39,378,502	Rp15,107,476	Rp24.271.026 (62%)

Dari tabel 4.1 di atas dapat dilihat bahwa biaya perawatan PM dan CM usulan dipilih untuk perawatan mesin *Cincinnati Milacron*.

4.2 Analisa Hasil

Dari data kerusakan mesin *Cincinnati Milacron* pada tahun 2015 dan 2016 dan hasil perhitungan didapat frekuensi kerusakan PM dan CM yaitu 4 kali perawatan pencegahan (PM) dengan biaya maintenance sebesar Rp. 130,186,351,- dan prosentase biaya maintenance sebesar 5,79% dari total pemasukan dalam 2 tahun. Sedangkan untuk perawatan korektif (CM) yaitu 49 kali jumlah perawatan selama 2 tahun dengan biaya sebesar Rp. 334.765.280,- dan prosentase biaya maintenance sebesar 14,89% dari total pemasukan dalam 2 tahun.

Hasil perhitungan biaya *maintenance* pada mesin *Cincinnati Milacron* ini sebesar :

- Biaya Rata – rata PM (*Preventive Maintenance*)
Rp. 32.546,588,-
- Biaya Rata – rata CM (*corrective maintenace*)
RP. 6.831.944,-

Biaya maintenance PM (*Preventive Maintenance*) dan CM (*Corrective Maintenance*) perusahaan :

PM dan CM perusahaan :

Tabel 4.2 Biaya PM dan CM Perusahaan

Status Kondisi Mesin	Biaya PM dan CM Perusahaan
Ringan	Rp39,378,502
Sedang	Rp39,378,502
Berat	Rp39,378,502

Biaya maintenance PM (*Preventive Maintenance*) dan CM (*Corrective Maintenance*) usulan :

PM dan CM usulan :

Tabel 4.3 Biaya PM dan CM Usulan

Status Kondisi Mesin	Biaya PM dan CM Perusahaan
Ringan	Rp14,753,617
Sedang	Rp14,204,232
Berat	Rp15,107,476

Dengan penjadwalan pemeliharaan sebagai berikut :

$$= \frac{\text{biaya pemeliharaan (usulan)}}{\text{biaya pemeliharaan (perusahaan)}} \times \text{waktu pemeliharaan} \quad (4.1)$$

Tabel 4.4 Total Waktu dan Biaya PM Tahun 2017 dan 2018

Kondisi Kerusakan	Biaya Pemeliharaan (usulan)	Biaya Pemeliharaan (perusahaan)	Waktu Pemeliharaan	Total Waktu PM
Ringan	Rp59,014,682	Rp130,186,351	163.32	74.25
Sedang	Rp56,816,929	Rp130,186,351	163.32	71.10
Berat	Rp60,429,902	Rp130,186,351	163.32	76.02

Jadi Pemeliharaan mesin *Cincinnati Milacron* selama 2 tahun dengan pemeliharaan sebanyak 4 kali dan jangka waktu per- 6 bulan membutuhkan waktu dan biaya sebagai berikut :

- Kondisi kerusakan ringan
74.25 jam.menit dengan biaya Rp. 59.014.682,-
 - Kondisi kerusakan sedang
71.10 jam.menit dengan biaya Rp. 56.816.929,-
 - Kondisi kerusakan berat
76.02 jam.menit dengan biaya Rp. 60.429.902,-
- Dengan penjadwalan pemeliharaan sebagai berikut :

$$= \frac{\text{biaya rata-rata pemeliharaan (usulan)}}{\text{biaya rata-rata pemeliharaan (perusahaan)}} \times \text{waktu pemeliharaan} \quad (4.2)$$

Tabel 4.5 Total Waktu dan Biaya PM Setiap 1 Kali Perawatan

Kondisi Kerusakan	Biaya Rata - rata Pemeliharaan (usulan)	Biaya Rata - rata Pemeliharaan (perusahaan)	Waktu Pemeliharaan	Total Waktu PM
Ringan	Rp14,753,671	Rp39,378,502	74.25	28.07
Sedang	Rp14,204,232	Rp39,378,502	71.10	26.05
Berat	Rp15,107,476	Rp39,378,502	76.02	29.01

Maka pemeliharaan mesin *Cincinnati Milacron* setiap 1 kali perawatan membutuhkan waktu dan biaya sebagai berikut :

- Kondisi kerusakan ringan
28.07 jam.menit dengan biaya Rp. 14.753.671,-
 - Kondisi kerusakan sedang
26.05 jam.menit dengan biaya Rp. 14.204.232,-
 - Kondisi kerusakan berat
29.01 jam.menit dengan biaya Rp. 615.107.476,-
- Dengan periode waktu PM per-1 tahun sebagai berikut :

$$= \frac{\text{waktu PM usulan}}{\text{waktu PM perusahaan}} = x \text{ 12 bulan} = \text{bulan} \quad (4.3)$$

Tabel 4.6 Periode Waktu PM per 1 Tahun

Kondisi Kerusakan	Waktu Pemeliharaan (usulan)	Waktu Pemeliharaan (perusahaan)	Jumlah Bulan dalam 1 tahun	Bulan
Ringan	28.07	163.32	12	2.0
Sedang	26.05	163.32	12	1.9
Berat	29.01	163.32	12	2.1

Jadi penjadwalan PM (*Preventive Maintenance*) yang di usulkan menggunakan metode *MARKOV CHAIN* yaitu setiap 2 bulan selama 1tahun.

BAB V**KESIMPULAN DAN SARAN****5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan pengolahan serta analisis pada bab – bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perencanaan perawatan mesin yang dapat menimbulkan biaya yang besar pada mesin *Cincinnati Milacron* adalah pada saat kondisi mesin dalam kerusakan sedang dan berat, dan faktor – faktor lain yang mempengaruhi biaya perawatan seperti lamanya waktu tunggu *spare part*, waktu mesin *off* (tidak ada produksi setelah perawatan), waktu *repair* yang memakan waktu yang lama karena teknisi yang kurang handal.
2. Selisih biaya rata – rata perawatan perusahaan dan usulan yang besar dapat menjadi acuan untuk perusahaan dalam melakukan perawatan yang berikutnya.
3. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode *MARKOV CHAIN* maka di dapat penjadwalan ulang yang hasilnya berupa waktu periode perawatan dan biaya perawatan, tetapi *schedule* perawatan usulan tidak bisa diusulkan dikarenakan data yang didapatkan dari perusahaan interval waktunya terlalu pendek mengakibatkan *part – part* yang interval waktunya yang panjang tidak bisa diinput kedalam *schedule* perawatan usulan.

5.2 Saran

Dari hasil analisis penelitian yang telah dilakukan maka penulis akan menyampaikan saran – saran sebagai berikut:

1. Operator hendaknya melakukan set-up mesin dan pengoperasian mesin yang benar.
2. Perawatan pencegahan dilakukan lebih sering untuk identifikasi dini kerusakan mesin *Cincinnati Milacron*.
3. Perawatan mesin *Cincinnati Milacron* sebaiknya menggunakan hasil perencanaan peneliti yaitu setiap 2 bulan agar tidak ada timbulnya CM (*Corrective Maintenance*).
4. Perusahaan sebaiknya memiliki *spare part* cadangan yang jika terdapat kerusakan waktu tunggu *part* tidak memakan waktu yang lama.
5. Dengan menambahkan teknisi yang handal pada saat melakukan perawatan dapat mengurangi waktu *down time*, yang berakibat pada biaya *maintenance* atau perawatan.