PERENCANAAN INTERVAL PERAWATAN KOMPONEN MESIN DENGAN METODE FTA UNTUK MENINGKATKAN *AVAILABILITY*

(Studi Kasus: PT. Sumber Abadi Bersama, Malang)

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI KONSENTRASI MANAJEMEN SISTEM INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

PRADITA DYAH SAPUTRI
NIM. 125060700111011

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN INTERVAL PERAWATAN KOMPONEN MESIN DENGAN METODE FTA UNTUK MENINGKATKAN *AVAILABILITY*

(Studi Kasus: PT. Sumber Abadi Bersama, Malang)

SKRIPSI
TEKNIK INDUSTRI
KONSENTRASI MANAJEMEN SISTEM INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

PRADITA DYAH SAPUTRI
NIM. 125060700111011

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 16 Agustus 2016

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Arif Rahman, ST., MT.	**Dwi Hadi Sulistyarini, ST., MT.**
NIP. 19740528 200801 1 010	**NIP. 19810322 200812 2 002**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri

Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19730819 199903 1 002

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang,Agustus 2016

Pradita Dyah Saputri
NIM. 125060700111011

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT.yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi merupakan salah satu persyaratan akademik untuk dapat mencapai gelar sarjana pada Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini. Dalam pembuatan laporan skripsi ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu. Secara khusus ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
2. Bapak Arif Rahman, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan dan saran yang membangun dalam menyusun skripsi ini.
3. Ibu Dwi Hadi Sulistyarini, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan saran yang membangun dalam menyusun skripsi ini.
4. Bapak dan Ibu dosen pengamat/penguji pada Seminar Proposal, Seminar Hasil, dan Ujian Komprehensif atas saran dan masukannya, serta seluruh dosen Teknik Industri yang telah memberikan arahan dan saran dalam menyusun skripsi kepada penulis.
5. Kedua orang tua tercinta, Bapak Samori dan Ibu Susiatun yang selalu mendoakan, memberikan motivasi moril maupun materiil yang tiada henti kepada penulis.
6. Seluruh dosen Teknik Industri yang telah memberikan banyak ilmu dan pengalaman kepada penulis sejak awal perkuliahan.
7. Kakakku Rendi Agung Pratama dan adikku Debi Anggi Permata yang selalu membantu dan mendoakan, serta selalu memberikan semangat kepada penulis.
8. Sahabatku tercinta, Fitri, Indike, Intan, Nisa, Wulan, Shilvi, dan Aisyah, yang selalu menemani, memberikan motivasi, bantuan dan dukungan dari awal perkuliahan hingga dalam penyusunan skripsi.
9. Sahabatku, Regga Restuningsih dan Era Dwi Saputri yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi dan pelajaran kepada penulis sejak awal perkuliahan hingga saat ini.
10. Teman-temanku Fira, Dicky, Yoga, Sopi, Mbak Ning, Lutfi, Yudo, Kibho, Abdi, Veri, Via, Lio, dan Yosi yang selalu menghibur serta memberikan canda tawa kepada penulis.

11. Pemilik kos serta teman-teman kos JL. Organ No. 41 Tunggulwulung yang selalu mendoakan serta memberikan motivasi dan semangat kepada penulis.
12. Seluruh teman-teman Teknik Industri angkatan 2012 yang saya banggakan dan tidak dapat saya sebutkan satu persatu atas motivasi, dukungan, dan partisipasinya dalam memberikan kenangan dan motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca terhadap skripsi yang telah penulis susun ini demi perbaikan untuk penyusunan laporan sejenis dimasa yang akan datang.

Malang, Agustus 2016

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i
DAFTAR ISI iii
DAFTAR TABEL v
DAFTAR GAMBAR vii
DAFTAR LAMPIRAN ix
RINGKASAN xi

BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Identifikasi Masalah 4
1.3 Rumusan Masalah 4
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 4
1.6 Batasan Masalah 5
1.7 Asumsi 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **7**
2.1 Penelitian Terdahulu 7
2.2 Perawatan 9
2.2.1 Manajemen Perawatan 9
2.2.2 Jenis-jenis Perawatan 11
2.3 Konsep Ketersediaan (*Availability*) 12
2.4 Fault Tree Analysis (FTA) 13
2.3.1 Evaluasi Kualitatif 16
2.3.2 Evaluasi Kuantitatif 17
2.5 Konsep Keandalan (*Reliability*) 18

BAB III METODE PENELITIAN **21**
3.1 Jenis Penelitian 21
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 21
3.3 Langkah-langkah Penelitian 21
3.3.1 Tahap Pendahuluan 21

3.3.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data 22
3.3.2.1 Tahap Pengumpulan Data 22
3.3.2.2 Tahap Pengolahan Data 23
3.3.3 Tahap Hasil dan Pembahasan 24
3.3.4 Tahap Penarikan Kesimpulan 25
3.4 Diagram Alir Penelitian 25

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 27
4.1 Gambaran Umum Perusahaan 27
4.1.1 Visi dan Misi Perusahaan 28
4.1.2 Struktur Organisasi PT. SAB 28
4.1.3 Proses Produksi 30
4.2 Pengumpulan Data 38
4.2.1 Spesifikasi dan Komponen Mesin Rotary Spindle 9ft 38
4.2.2 Data Kerusakan Mesin Rotary Spindle 9ft 40
4.3 Pengolahan Data 41
4.3.1 Pembuatan *Reliability Block Daigram* 42
4.3.2 Pembuatan *Fault Tree Diagram* 43
4.3.3 Penentuan *Minimal Cut Set* 45
4.3.4 Identifikasi Komponen 45
4.3.5 Perhitungan Probabilitas Kerusakan 47
4.3.6 Perhitungan Nilai *Reliability* 52
4.3.7 Perhitungan Interval Waktu Perawatan Komponen Mesin 54
4.4 Analisis dan Pembahasan 55
4.4.1 Penyusunan Jadwal Perawatan Komponen 56
4.3.2 Analisis Nilai Availability 57

BAB V PENUTUP 59
5.1 Kesimpulan 59
5.2 Saran 60

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Frekuensi Kerusakan Mesin dan Waktu Kerusakan Selama Tahun 2015 .. 2
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu 9
Tabel 2.2 Simbol Fault Tree 15
Tabel 4.1 Data Spesifikasi Mesin Rotary Spindle 9ft 38
Tabel 4.2 Data Kerusakan Mesin Rotary Spindle 9ft 41
Tabel 4.3 Minimal Cut Set Gangguan pada Mesin Rotary Spindle 9ft 46
Tabel 4.4 Identifikasi Perawatan Komponen pada Mesin Rotary Spindle 9ft 46
Tabel 4.5 Rekap Hasil Perhitungan Probabilitas 51
Tabel 4.6 Perbandingan Jumlah Hari yang diperlukan 58

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Langkah-langkah *Fault Tree Analysis* 15
Gambar 2.2 Contoh *Fault Tree* 17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 26
Gambar 4.1 Logo PT. SAB. 27
Gambar 4.2 Struktur Organisasi PT. SAB 28
Gambar 4.3 Alur Proses Produksi 31
Gambar 4.4 *Log Yard* 31
Gambar 4.5 *Workstation* Pengupasan 32
Gambar 4.6 *Workstation* Pengeringan *Core* 32
Gambar 4.7 *Workstation Scrafting* 33
Gambar 4.8 *Workstation* Pengupasan *Face*/*Back* 34
Gambar 4.9 *Workstation* Pengeringan *Face*/*Back* 34
Gambar 4.10 *Workstation* Penyusunan *Face*/*Back* 35
Gambar 4.11 *Workstation Assembly* 35
Gambar 4.12 *Workstation Cold Press* 36
Gambar 4.13 *Workstation Hot Press* 36
Gambar 4.14 *Workstation Putty Plywood* 37
Gambar 4.15 *Workstation Finishing* 37
Gambar 4.16 Komponen Double Roller 39
Gambar 4.17 Komponen Single Roller 39
Gambar 4.18 Komponen Blade Holder 40
Gambar 4.19 Komponen Motor Penggerak 40
Gambar 4.20 Komponen Autoclipper 40
Gambar 4.21 *Reliability Block Diagram* Mesin *Rotary Spindle* 9ft 42
Gambar 4.22 *Reliability Block Diagram* Blok Penggerak 42
Gambar 4.23 *Reliability Block Diagram* Blok Pengupasan Double Roller 42
Gambar 4.24 *Reliability Block Diagram* Blok Pemotongan 42
Gambar 4.25 *Reliability Block Diagram* Blok Pengupasan Single Roller 43
Gambar 4.26 *Reliability Block Diagram* Blok Autoclipper 43
Gambar 4.27 *Fault Tree Diagram* Untuk Blok Pengupasan Double Roller 44

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 *Reliability Block Diagram* pada Mesin *Rotary Spindle* 9ft 61

Lampiran 2 *Fault Tree Diagram* 63

Lampiran 3 Jadwal Perawatan Preventif Komponen Sebelum Penggabungan 65

Lampiran 4 Jadwal Perawatan Preventif Komponen Setelah Penggabungan 67

Halaman ini sengaja dikosongkan

RINGKASAN

PRADITA DYAH SAPUTRI, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, 2016, *Perencanaan Interval Perawatan Komponen Mesin dengan Metode FTA untuk Meningkatkan Availability (Studi Kasus: PT. Sumber Abadi Bersama, Malang)*, Dosen Pembimbing: Arif Rahman dan Dwi Hadi Sulistyarini.

PT. Sumber Abadi Bersama (SAB) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur yang memproduksi *plywood*. Perusahaan ini memproduksi beberapa jenis *plywood* yang dibedakan berdasarkan ketebalan *plywood* yang diproduksi menggunakan beberapa jenis mesin. Dalam memproduksi produk *plywood,* digunakan 17 jenis mesin yang masing-masing memiliki spesifikasi mesin yang berbeda-beda baik dari segi kapasitas, maupun perbedaan karakteristik mesin dalam memproduksi *plywood.* Salah satu mesin pada perusahaan ini adalah mesin *Rotary Spinlde* 9ft yang memiliki *downtime* paling tinggi dibandingkan mesin yang lain. Adanya *downtime* dapat mengganggu keberlanjutan suatu proses produksi sehingga untuk mengatasi terjadinya kerusakan mesin diperlukan perawatan pada mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jadwal perawatan pada mesin sebagai upaya untuk mengurangi kerusakan mesin pada PT. SAB.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Fault Tree Analysis* (FTA). Hasil dari FTA akan digunakan untuk menyusun jadwal perawatan yaitu berupa *basic event* beserta komponennya dan probabilitas tiap *event.* Dari probabilitas akan diperoleh nilai keandalan komponen dan interval perawatan komponen lalu akan disusun jadwal perawatan berdasarkan hasil perhitungan interval. Jadwal yang dibuat masih bisa diubah untuk mendapatkan jadwal yang lebih optimal.

Hasil dari FTA menunjukkan terdapat 21 *basic event* yang menyebabkan terjadinya *downtime* atau *failure* pada mesin *Rotary Spindle* 9ft. Sedangkan Komponen yang paling kritis pada mesin *rotary spindle* 9ft adalah *single roller* (I02) dengan nilai keandalan sebesar 97,1%. Komponen kritis pada *single roller* dan komponen kritis pada mesin *rotary spindle* 9ft secara keseluruhan adalah *single roll* (I13) dengan nilai keandalan sebesar 98,4%. Untuk interval waktu perawatan komponen terdapat variasi waktu yaitu 11 minggu untuk 1 komponen, 15 minggu untuk 3 komponen, 22 minggu untuk 3 komponen, 44 minggu 6 komponen, 48 minggu untuk 8 komponen. Setelah menyusun jadwal perawatan langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *availability* saat ini dan nilai *availability* setelah diberikan rekomendasi. Terjadi peningkatan nilai availability yaitu sebesar 1,41%, oleh karena itu diusulkan kepada perusahaan untuk melakukan perawatan preventif secara terjadwal dengan menggunakan metode FTA.

Kata Kunci : *Downtime*, Mesin *Rotary Spindle* 9ft, *Fault Tree Analysis*, *Availability*, Jadwal Perawatan Preventif

Halaman ini sengaja dikosongkan

SUMMARY

PRADITA DYAH SAPUTRI, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, 2016, *Interval Maintenance Scheduling of Production Machine Component using FTA to Improve Availability (Case Study: PT. Sumber Abadi Bersama, Malang)*, Supervisor: Arif Rahman and Dwi Hadi Sulistyarini.

PT. Sumber Abadi Bersama (SAB) is a plywood manufacturing. The company produced several type of plywood. In producing plywood, used 17 types of machines, each of which has the machine specifications vary both in terms of capacity, and the differences in the characteristics of the machine in producing plywood. One of the machine on this company is the Rotary Spindle 9ft machine which has downtime highest compared downtime on the other machine. Downtime can disrupt the sustainability of the production process so as to overcome the damage of machinery required maintenance on the machine. This study aims to get at the machine maintenance schedule in an effort to reduce damage to the machine at PT. SAB.

The method used in this research is the Fault Tree Analysis (FTA). The results of the FTA will be used to develop a maintenance schedule in the form of basic event and its components and the probability of each event. From a probability value will be the reliability of components and intervals maintenance component and maintenance schedules will be drawn up based on the calculation interval. Schedules are made can still be changed to get more optimal schedule.

The result of the FTA shows there are 21 basic event that caused downtime or failure on the Rotary Spindle 9ft machine. While the most critical components on the rotary spindle 9ft machine is a single roller (I02) with the value of reliability at 97.1%. Critical components on a single roller and critical components on the rotary spindle 9ft machine overall is a single roll (I13) with the reliability value of 98.4%. For intervals maintenance component of variation of the time is 11 weeks for 1 component, 15 weeks for 3 components, and 22 weeks for 3 component, 44 weeks for 6 components, 48 weeks for 8 components. After arranging the maintenance schedule next step is to calculate the value of the current availability and availability value after given recommendation. There is increasing availability value that is equal to 1.41%, therefore it is proposed to the company to perform preventive maintenance on a scheduled basis using the FTA's method.

Keywords: Downtime, Rotary Spindle 9ft Machines, Fault Tree Analysis, Availability, Preventive Maintenance Schedule

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I
PENDAHULUAN

Dalam melaksanakan penelitian diperlukan hal-hal penting yang digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaannya. Pada bab ini akan dijelaskan latar belakang mengapa permasalahan ini diangkat, identifikasi masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah serta manfaat penelitian yang dilakukan.

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini globalisasi dan peningkatan pasar dalam berbagai jenis industri semakin menyebabkan tiap industri perlu meningkatkan kualitas layanan dan berbagai aspek kritis lainnya untuk dapat bertahan. Salah satu aspek yang perlu mendapat perhatian dalam industri manufaktur ataupun jasa untuk mencapai hal-hal tersebut diatas diantaranya adalah perawatan mesin (*maintenance*). Sehingga, masalah perawatan terhadap mesin perlu dilakukan demi kelancaran proses produksi. Perawatan atau yang lebih dikenal dengan kata *maintenance* dapat didefinisikan sebagai suatu aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar fasilitas tersebut tetap dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai (Sudrajat, 2011:2). Sedangkan manajemen perawatan sendiri memiliki definisi yaitu pengelolaan pekerjaan perawatan dengan melalui suatu proses perencanaan, pengorganisasian serta pengendalian operasi perawatan untuk memberikan performansi mengenai fasilitas industri (Sudrajat, 2011:10).

PT. Sumber Abadi Bersama (SAB) merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur yang memproduksi *plywood*. Perusahaan ini memproduksi beberapa jenis *plywood* yang dibedakan berdasarkan ketebalan *plywood* yang diproduksi menggunakan beberapa jenis mesin. Dalam memproduksi produk *plywood*, digunakan 17 jenis mesin yang masing-masing memiliki spesifikasi mesin yang berbeda-beda baik dari segi kapasitas, maupun perbedaan karakteristik mesin dalam memproduksi *plywood*. Pengelompokan jenis mesin berdasar pada jenis pengerjaan produk. Kegiatan produksi yang berlangsung pada PT. SAB didominasi dengan penggunaan mesin-mesin tersebut. Manajemen perawatan yang baik serta pemanfaatan peralatan atau mesin produksi menjadi sangat penting dalam mendukung keberhasilan proses produksi. PT. SAB berdiri pada

akhir tahun 2013 dan selama tahun 2014 masih memperbaiki manajemen perusahaan sehingga data-data perawatan belum tercatat.

PT. SAB memiliki tingkat fleksibilitas yang cukup tinggi baik tuntutan permintaan konsumen terhadap jumlah produk maupun tingkat pergantian komponen yang harus dilakukan ketika pergantian *order*. Dalam melakukan proses produksinya, PT. SAB berproduksi selama 24 jam nonstop disetiap harinya. Hal ini tentunya membuat sistem pemeliharaan menjadi sangat penting untuk diperhatikan supaya efektifitas dan efisiensi dalam proses produksi dapat tercapai.

Masalah utama dalam aktivitas *preventive maintenace* adalah bagaimana menentukan periode atau interval waktu perawatan yang optimal antar *preventive maintenance*. Periode ini digunakan untuk menentukan waktu penggantian komponen karena tidak terjadi penggantian komponen sehingga akan mengakibatkan kerusakan pada mesin. Berikut adalah data frekuensi kerusakan mesin dan lama waktu yang hilang.

Tabel 1.1 Data Frekuensi Kerusakan Mesin dan Waktu Kerusakan Selama Tahun 2015

No.	Jenis Mesin	Nama Mesin	Frekuensi Kerusakan	*Downtime* (Jam)	Nilai *Availability*
1	*Rotary Round-up*	*Rotary Round-up*	26	111,54	98,42%
2	*Rotary Spindle* 5ft	*Rotary Spindle* 5ft no. 1	27	74,32	98,95%
		Rotary Spindle 5ft no. 2	21	74,75	98,94%
3	*Rotary Spindle Less* 5ft	*Rotary Spindle Less* 5ft no. 1	13	68,41	99,03%
		Rotary Spindle Less 5ft no. 2	10	62,76	99,11%
4	*Rotary Spindle* 9ft	*Rotary Spindle* 9ft	31	151,81	97,86%
5	*Rotary Spindle Less* 9ft	*Rotary Spindle Less* 9ft	10	128,41	98,19%
6	*Knife Grinder*	*Knife Grinder*	9	65,58	99,07%
7	*Press Dryer Core*	*Press Dryer Core* no. 1	26	75,03	98,94%
		Press Dryer Core no. 2	13	78,82	98,89%
		Press Dryer Core no. 3	18	77,21	98,91%
k8	*Press Dryer Hollo*	*Press Dryer Hollo* no. 1	11	65,82	99,07%
		Press Dryer Hollo no. 2	6	62,33	99,12%
9	*Scrab Joint*	*Scrab Joint*	16	69,01	99,03%
10	*Press Joint*	*Press Joint* no. 1	13	63,54	99,10%
		Press Joint no. 2	14	64,39	99,09%
		Press Joint no. 3	10	62,65	99,12%
		Press Joint no. 4	3	35,58	99.50%
11	*Glue Mixer*	*Glue Mixer*	3	60,33	99,15%
12	*Glue Spreader*	*Glue Spreader* no. 1	4	60,33	99,15%
		Glue Spreader no. 2	10	65,07	99,08%
13	*Cold Press*	*Cold Press* no. 1	1	60,25	99,15%
		Cold Press no. 2	3	62,08	99,12%
		Cold Press no. 3	1	36,50	99,48%
14	*Hot Press*	*Hot Press*	53	86,20	98,78%
15	*Double Sizer*	*Double Sizer*	20	75,14	98,94%
16	*Sander Kalibrasi*	*Sander Kalibrasi*	5	62,48	99,12%
17	*Sander Finishing*	*Sander Finishing*	18	68,81	99,03%

Sumber: Divisi *Maintenance* (2015)

Dari Tabel 1.1 terlihat bahwa *downtime* mesin *Rotary Spindle* 9ft paling tinggi dibandingkan dengan *downtime* mesin yang lain, sehingga mengakibatkan nilai *availability* mesin *Rotary Spindle* 9ft paling rendah dibandingkan dengan mesin yang lain. Menurut Dal (2000) nilai *availability* dikatakan baik jika lebih dari 90%, namun diharapkan dengan adanya rekomendasi yang akan diberikan dapat mengurangi terjadinya *downtime* sehingga nilai *availability* dapat meningkat. *Availability* dapat diinterpretasikan sebagai persentase waktu suatu komponen atau sistem dapat beroperasi pada interval waktu tertentu atau persentase pengoperasian komponen dalam waktu yang tersedia. Waktu total kerja selama satu tahun pada PT. SAB adalah sebesar 7080, sehingga nilai *availability* didapatkan dengan cara (7080-*downtime*)/7080.

Angka persentase *availability* menunjukkan kemampuan komponen untuk berfungsi setelah dilakukan tindakan perawatan terhadapnya (Ebeling, 1997:254). Dengan demikian semakin besar nilai *availability* menunjukkan semakin tinggi kemampuan komponen tersebut beroperasi sesuai fungsi. Adanya *downtime* dapat mengganggu keberlanjutan suatu proses produksi, yang memiliki peran dalam menjamin kelancaran proses produksi untuk mencapai target perusahaan yang telah ditetapkan. Mesin ini memiliki peran penting dalam proses produksi, sehingga jika mesin tersebut mengalami kerusakan maka akan berpengaruh terhadap proses produksi. PT. SAB saat ini cenderung menerapkan strategi *corrective maintenance* dimana perbaikan dan perawatan mesin dilakukan setelah mesin mengalami kerusakan. Strategi tersebut kurang mampu mencegah kerusakan atau mengurangi kerusakan, sehingga perlu melakukan strategi perawatan lain yang dapat mengurangi kerusakan mesin. Strategi perawatan pada mesin juga bisa dilakukan dengan cara melakukan perawatan yang terjadwal atau *preventive maintenance.* Penerapan perawatan *preventive maintenance* pada PT. SAB saat ini hanya melakukan pelumasan dan *controlling.* Upaya ini belum maksimal untuk mencegah kerusakan mesin yang terjadi pada PT. SAB.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jadwal perawatan pada mesin sebagai upaya untuk mengurangi kerusakan mesin pada PT. SAB. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Fault Tree Analysis* (FTA). FTA merupakan teknik untuk mengidentifikasi suatu kegagalan (*failure*) dari suatu sistem. FTA berorientasi pada fungsi atau yang lebih dikenal dengan "*top down approach*" karena analisa ini berawal dari *system level* (top) dan meneruskannya ke bawah (Priyanta, 2000:112). FTA adalah metode yang tepat untuk mengetahui *basic event* yang dapat menyebabkan terjadinya *downtime.* Hasil dari FTA akan menunjukkan probabilitas suatu komponen untuk mengetahui

reliability komponen tersebut sehingga dapat menentukan interval perawatan yang diperlukan untuk setiap komponen.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka permasalahan yang diteliti yaitu:

1. Terjadinya *downtime* pada mesin yang menyebabkan proses produksi berhenti, sehingga kelancaran proses produksi untuk mencapai target perusahaan yang telah ditetapkan terganggu.
2. Strategi perawatan yang diterapkan pada PT. SAB saat ini kurang mampu menjaga *reliability* dan *availability* mesin.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dirumuskan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja yang dapat menyebabkan terjadinya *failure* pada mesin *rotary spindle* 9ft?
2. Apa saja komponen kritis yang terdapat pada mesin *rotary spindle* 9ft?
3. Berapa interval perawatan komponen pada mesin *rotary spindle* 9ft berdasarkan keandalan?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *basic event* yang menyebabkan terjadinya *failure* pada mesin *rotary spindle* 9ft.
2. Mengidentifikasi komponen kritis yang terdapat pada mesin *rotary spindle* 9ft.
3. Mendapatkan interval perawatan komponen pada mesin *rotary spindle* 9ft berdasarkan keandalan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat digunakan sebagai studi perbandingan bagi perusahaan yang selama ini menggunakan metode yang lama dan dapat pula digunakan sebagai masukan bagi perusahaan untuk perbaikan pada sistem perawatan pada mesin *rotary spindle* 9ft.
2. Dengan diterapkannya penelitian ini untuk menentukan interval perawatan komponen pada mesin *rotary spindle* 9ft diharapkan dapat menjaga sistem secara keseluruhan

agar dapat berfungsi sesuai dengan tingkat performansi yang diinginkan untuk memperlancar sistem produksi.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan untuk membatasi ruang lingkup penelitian agar lebih terfokus, batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Penelitian ini menganalisis data kerusakan mesin *rotary spindle* 9ft mulai dari bulan Januari 2015 sampai bulan Desember 2015.
2. Penelitian ini tidak memperhitungkan biaya perawatan.

1.7 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Tidak ada kendala ketersediaan peralatan yang digunakan untuk perbaikan mesin.

Halaman ini sengaja dikosongkan

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai landasan teori yang mendukung pembahasan dan berguna dalam menganalisis dan mengolah data. Tinjauan pustaka bersumber dari buku, jurnal ilmiah, internet, penelitian dan sumber-sumber yang lainnya.

2.1 Penelitian Terdahulu

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

1. Analisis resiko kegagalan pemeliharaan pada pabrik pengolahan pupuk NPK Granular (Yumaida) (2011). Pada penelitian ini, dilakukan analisis resiko kegagalan yang terdapat pada sistem pemeliharaan pabrik. Anailisis yang dilakukan bertujuan untuk mengidenifikasi, menganalisis serta menentukan resiko dalam kegiatan pemeliharaan yang terdapat pada pabrik serta memberikan usul untuk menangani resiko kegagalan pada pabrik pengolahan pupuk NPK Granular. Dengan menggunakan metode FMEA, diperoleh resiko kritis yang kemudian dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan FTA untuk memperoleh *basic event* sehingga dapat diusulkan tindakan penanganan resikonya. Berdasarkan metode FMEA terdapat 5 item resiko yang merupakan nilai RPN tertinggi, 5 item tersebut merupakan resiko kritis dari 15 resiko yang teridentifikasi yaitu kerusakan *spare part mayor*, mesin mati, lamanya proses perbaikan, ketidaktersediaan *spare part* serta ketidaktersediaan bahan baku. Sedangkan dengan menggunakan metode FTA dapat diketahui sumber pnyebab terjadinya resiko kritis tersebut, yaitu kerusakan *spare part mayor* penyebabnya adalah umur *spare part* yang sudah tua atau *spare part* kurang berkualitas atau juga pemeliharaan yang tidak maksimal, mesin mati penyebabnya adalah umur mesin sudah tua atau mesin kurang berkualitas atau juga pemeliharaan yang tidak maksimal, lamanya proses perbaikan disebabkan oleh *spare part* tidak tersedia atau pemeliharaan yang tidak maksimal, ketidaktersedianya *spare part* disebabkan oleh *spare part* yang langkah atau penjadwalan penyediaan *spare part* yang tidak maksimal, dan

ketidaktersediaan bahan baku disebabkan oleh keterlambatan kedatangan bahan baku atau penjadwalan penyediaan bahan baku yang kurang maksimal.

2. Perancangan RCM untuk mengurangi *downtime* mesin pada perusahaan manufaktur aluminium (Palir & Sutanto) (2012). Penelitian ini dilakukan pada suatu perusahaan manufaktur aluminium di departemen *extrusion*. Selama ini target perusahaan belum tercapai karena seringnya terjadi *downtime* pada *line* produksi mesin 2500 Ton, sehingga diperlukan metode pemeliharaan yang tepat untuk menurunkan *downtime* mesin 2500 Ton. Metode pemeliharaan yang tepat diperoleh dengan menggunakan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Tahapan perancangan RCM meliputi *Fault Tree Analysis* (FTA), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), penentuan kategori konsekuensi kegagalan, sehingga akhirnya didapatkan keputusan RCM yang tepat untuk perusahaan. Penelitian ini menghasilkan usulan perancangan RCM berupa keputusan RCM dari masing-masing komponen mesin dan disertai dengan MTBF. Perancangan RCM juga dilengkapi dengan membuat *software* sederhana untuk mengingatkan operator jadwal pemeliharan komponen yang didasarkan pada nilai MTBF. Berdasarkan analisis perbandingan, didapatkan bahwa usulan perbaikan dengan perancangan RCM dapat menurunkan *downtime* sebesar 58,07%.
3. *Fault Tree-Based Reliability Assessment of a 132-kV Transmission Line Protection Scheme* (Samuel, Awelawe, Katende, & Odigwe) (2013). Penelitian ini bertujuan untuk mengingkatkan keandalan lini transmisi pada sistem tenaga listrik dengan menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA). Dengan mempertimbangkan *fault tree diagram* untuk skema perlindungan lini transmisi 132-kV sepanjang 150 km di Norwegia. Skema perlindungan saat ini dibandingkan dengan skema usulan yang dilengkapi dengan rencana tambahan. Dan hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa skema baru menawarkan peningkatan yang signifikan (sekitar 51%) dari ketersediaan 9 lini.

Berdasarkan penjelasan di atas, pada Tabel 2.1 akan dijelaskan mengenai dasar perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

	Obyek Penelitian	**Tools yang digunakan**	**Hasil Penelitian**
Yumaida (2011)	Sistem pemeliharaan pabrik pupuk NPK Granula	Metode *Fault Tree Analysis* (FTA), dan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)	Terdapat 5 item resiko yang merupakan nilai RPN tertinggi dari 15 resiko. Setiap resiko tersebut memiliki penyebab utama atau *basic event* yang daidapatkan dari metode FTA.
Palir & Sutanto (2012)	Departemen *extrusion* perusahaan manufaktur aluminium	Menggunakan metode *reliability centre maintenance* (RCM), metode *fault tree analysis*, dan metode *failure mode and effect analysis*	Berdasarkan analisis perbandingan, didapatkan bahwa usulan perbaikan dengan perancangan RCM dapat menurunkan downtime sebesar 58,07%.
Samuel, Awelawe, Katende, & Odigwa (2013)	Lini transmisi sistem tenaga listrik	*Fault tree analysis* (FTA)	Komponen yang rentan rusak adalah *over load relay* dengan *unavailability* sebesar 2465 x 10^{-6}. Penambahan *relay* meningkatkan *availability* sebesar 51,45%.
Penelitian ini (2016)	Unit produksi *plywood* mesin *rotary spindle* 9ft pada PT. Sumber AbadiBersama	*Fault tree analysis* (FTA)	Terdapat 21 *basic event* yang dapat menyebabkan terjadinya *failure* pada mesin *rotary spindle* 9ft. Komponen yang paling kritis pada mesin *rotary spindle* 9ft adalah *single roller* (I02) dengan nilai keandalan sebesar 97,1%. Komponen kritis pada *single roller* dan komponen kritis pada mesin *rotary spindle* 9ft secara keseluruhan adalah *single roll* (I13) dengan nilai keandalan sebesar 98,4%.

2.2 Perawatan

Pada sub-bab ini akan dijelaskan mengenai hal-hal yang berhubungan dengan perawatan yaitu sebagai berikut:

2.2.1 Manajemen Perawatan

Menurut Sudrajat dalam bukunya yang berjudul Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri (2011), perawatan atau yang sering dikenal dengan kata *maintenance* dapat didefinisikan sebagai suatu aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu fasilitas agar fasilitas tesebut tetap dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi siap pakai. Menurut Assauri dalam bukunya yang berjudul Manajemen Produksi dan Operasi (1980), perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penggantian yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan. Berdasarkan pada

teori diatas maka perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas, mesin dan peralatan pabrik, mengadakan perbaikan, penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang diharapkan. Manajemen perawatan sendiri memiliki definisi yaitu pengelolaan pekerjaan perawatan dengan melalui suatu proses perencanaan, pengorganisasian serta pengendalian operasi perawatan untuk memberikan performansi mengenai fasilitas industri (Sudrajat, 2011:10). Pengorganisasian ini mencakup penerapan metode manajemen, metode yang menunjang keberhasilan manajemen ini adalah dengan mengembangkan dan menggunakan suatu penguraian sederhana yang dapat diperluas melalui gagasan dan tindakan. Dalam manajemen perawatan, terdapat hal-hal yang perlu untuk diketahui yaitu sebagai berikut:

1. Jadwal Perawatan

   Kelancaran proses produksi atau beroperasi suatu unit dipengaruhi oleh sistem perawatan yang diterapkan. Setiap peralatan, mesin, dan fasilitas yang terlibat dalam proses produksi proses produksi ataupun yang beroperasi pasti akan mengalami keausan sehingga suatu saat pasti akan mengalami kerusakan. Seberapa cepat keausan ini terjadi atau seberapa sering frekuensi kerusakan muncul akan menimbulkan permasalahan sehubungan dengan munculnya gangguan pada suatu fasilitas ataupun pada keseluruhan proses produksi.

2. Sistem Perawatan

   Sistem perawatan harus memiliki respon yang baik terhadap kerusakan-kerusakan yang akan muncul maupun kapasitas kerja yang memadai untuk menangani kerusakanyang terjadi. Untuk kepentingan ini maka sistem perawatan harus memiliki dan menjalankan fungsi dari beberapa hal yaitu: variabel-variabel keputusan, kriteria kinerja, batasan, masukan, dan keluaran.

3. Tujuan dan Kegiatan dalam Sistem Perawatan

   Tujuan perawatan pada umumnya adalah sebagai berikut:

   a. Memungkinkan tercapainya mutu produk dan kepuasan pelanggan melalui penyesuaian, pelayanan, dan pengoperasian peralatan secara tepat.
   b. Memaksimalkan umur kegunaan dari sistem.
   c. Menjaga agar sistem aman dan mencegah berkembangnya gangguan keamanan.
   d. Meminimalkan biaya produksi total yang secara langsung dapat dihubungkan dengan servis dan perbaikan.
   e. Meminimalkan frekuensi dan kuatnya gangguan-gangguan terhadap proses operasi.

f. Memaksimalkan produksi dari sumber-sumber sistem yang ada.
g. Menyiapkan personil, fasilitas, dan metodenya agar mampu mengerjakan tugas-tugas perawatan.

2.2.2 Jenis-jenis Perawatan (*Maintenance*)

Kegiatan *maintenance* yang dilakukan dalam suatu perusahan pabrik, dapat dibedakan atas tiga macam yaitu *preventive maintenance*, *corrective maintenance*, dan *predictive maintenance* (Assauri, 1980):

1. *Preventive Maintenance*

   Preventive maintenance 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 dalam proses produksi (Assauri, 1980). *Preventive maintenance* ini sangat penting karena kegunaannya yang sangat efektif di dalam menghadapi fasilitas-fasilitas produksi yang termasuk dalam golongan *critical unit.*Sebuah fasilitas atau peralatan produksi akan termasuk dalam golongan *critical unit* apabila:

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

   Dalam prakteknya, *preventive maintenance* yang dilakukan oleh suatu perusahaan dapat dibedakan menjadi *routine maintenance* dan *periodic maintenance*:

   a. *Routine Maintenace*

      Routine maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara rutin, missal setiap hari (Assauri, 1980). Contoh: pembersihan fasilitas atau peralatan, pelumasan, pengecekan bahan bakar, pemanasan.

   b. *Periodic Maintenance*

      Periodec maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan secara periodik atau dalam jangka waktu tertentu, missal setiap satu minggu sekali (Assauri, 1980). Contoh: pembongkaran carburetor, penyetelan

katup-katup pemasukan dan pembuangan cylinder mesin, penggantian *bearing*, servis dan *overhaul* besar ataupun kecil.

2. *Corrective* atau *Breakdown Maintenace*

   Corrective atau *breakdown maintenance* merupakan kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan atau kelainan pada fasilitas atau peralatan, sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik (Assauri, 1980).

3. *Predictive Maintenace*

   Predictive Maintenace merupakan pemeliharaan yang dilakukan demi mempertimbangkan kondisi komponen dengan mendeteksi indikasi terjadinya kegagalan. Proses mendeteksi indikasi kegagalan dengan memonitor perubahan atau kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi dari sistem atau peralatan dari waktu ke waktu. Dari kegiatan memonitor kondisi ini akan didapatkan tren dari kodisi peralatan dari waktu ke waktu. Pendekatan yang digunakan dalam memonitor kondisi komponen adalah:

   a. Antisipasi kegagalan dari pengalaman sebelumnya (*past experience*) seringkali pengalaman sebelumnya dapat digunakan untuk menentukan interval terjadinya kegagalan untuk masa yang akan datang.
   b. Statistik distribusi kegagalan (*failure distribution statistic*), penggunaan statistik adalah untuk menentukan periode kegiatan, dimana distribusi dan probabilitas kegagalan harus diketahui untuk memperkirakan periode akan terjadinya kegagalan.
   c. Pendekatan konservatif (*conservative approach*), memonitoring secara rutin (setiap minggu atau setiap bulan).

2.3 Konsep Ketersediaan (*Availability*)

Ketersediaan atau *availability* didefinisikan sebagai probabilitas untuk dapat menemukan suatu sistem (dengan berbagai kombinasi aspek-aspek keandalannya) untuk melakukan fungsi yang diperlukan pada suatu periode waktu tertentu. Sedangkan menurut Ebeling, (1997:254) ketersediaan didefinisikan sebagai probabilitas komponen atau sistem dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya pada kondisi operasi normalnya. Ketersediaan dari sebuah sistem dapat diekspresikan kedalam sebuah persamaan matematis yang menyatakan relasi antara periode dimana sistem dapat beroperasi (TOP) dengan penjumlahan antara periode waktu ini dengan waktu dimana sistem dalam keadaan tidak

dapat beroperasi (TDOWN). Persamaan dibawah ini menunjukkan hubungan antara TOP, TDOWN, dan ketersediaan.

$$Availability = \frac{\text{Waktu total} - Downtime}{\text{Waktu Total}} \text{ x } 100\% \quad (2\text{-}13)$$

Sumber: Sudrajat (2011)

Sebagai contoh, bila perusahaan beroperasi sepanjang tahun selama 8.760 jam dan terjadi *downtime* pada salah satu alatnya sebanyak 392 jam maka ketersediaan dari alat tersebut adalah:

$$Availability = \frac{8.760 - 392}{8.760} \text{ x } 100\% = 95{,}5\%$$

Mean Time To Failure (MTTF) adalah waktu rata-rata terjadinya kerusakan dari suatu peralatan/mesin atau dapat dikatakan sebagai waktu kemampuan mesin dan peralatan untuk beroperasi. MTTF ini umumnya digunakan untuk mengetahui berapa lama mesin dapat dioperasikan sampai tidak dapat digunakan lagi. Dengan mengukur rata-rata kelebihan waktu yang digunakan dalam penjadwalan produksi tanpa terjadi gangguan:

$$\text{MTTF} = \frac{\text{Waktu total} - Downtime - \text{Waktu yang tidak digunakan}}{\text{Jumlah kerusakan}} \quad (2\text{-}14)$$

Seperti pada contoh diatas, dimana jumlah waktu yang tidak dipergunakan adalah sebanyak 600 jam dan jumlah kerusakan yang tidak terjadi selama satu tahun sebanyak 12 kali kerusakan, maka:

$$\text{MTTF} = \frac{8.760 - 392 - 600}{12} = 647 \text{ jam}$$

Mean Time To Repair (MTTR) merupakan waktu rata-rata yang digunakan untuk melakukan perbaikan. MTTR dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{MTTR} = \frac{\text{total waktu terhentinya alat akibat kerusakan (tidak terjadwal)}}{\text{jumlah kerusakan}} \quad (2\text{-}15)$$

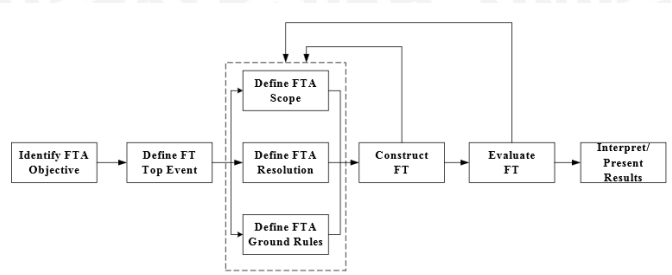
2.4 Fault Tree Analysis (FTA)

Fault tree adalah model grafis dari beberapa kombinasi kesalahan yang berurutan maupun paralel yang mengakibatkan terjadinya peristiwa tidak diinginkan yang ditentukan sebelumnya. Kesalahan dapat berupa kejadian yang berhubungan dengan kerusakan komponen, kesalahan, kesalahan *software,* atau kejadian lain yang berhubungan yang mengarah pada peristiwa tidak diinginkan. *Fault tree* menggambarkan hubungan logis antara *basic event* yang mengarah pada peristiwa tidak diinginkan yang merupakan *top event* dari *fault tree* (Stamatelatos, 2002:2). FTA dapat dijelaskan secara sederhana

sebagai teknik analisis, dimana kondisi yang tidak diinginkan dari sistem ditentukan (biasanya kondisi kritis dari sudut pandang keamanan dan keandalan), dan sistem kemudian dianalisis dalam hubungan dengan lingkungan dan operasinya untuk mencari semua hal realistis yang dapat menyebabkan *top event* terjadi. *Event* potensial yang menyebabkan kegagalan dari suatu sistem *engineering* dan probabilitas terjadinya *event* tersebut dapat ditentukan dengan FTA. Sebuah *top event* yang merupakan definisi dari kegagalan suatu sistem (*system failure*), harus ditentukan terlebih dahulu dalam mengkontruksi FTA. Sistem kemudian dianalisa untuk menemukan semua kemungkinan yang didefinisikan pada *top event*. *Fault tree* adalah sebuah model grafis yangterdiri dari beberapa kombinasi kesalahan (*fault*) secara paralel dan secara berurutan yang mungkin menyebabkan awal dari *failure event* yang sudah ditetapkan.

Prosedur pembuatan *fault tree* yang terdiri dari 8 langkah yaitu sebagai berikut:

1. Mendefinisikan kepentingan sistem: mendefinisikan batas kepentingan agar analisis yang dibuat mendekati kondisi sistem.
2. Mendefinisikan *top event* sistem: menetapkan masalah yang dianalisis.
3. Mendefinisikan struktur *tree top*: mendefinisikan peristiwa dan kondisi yang mengarah pada *top event.*
4. Menyelidiki masing-masing cabang dalam level yang berurutan: menentukan peristiwa dan kondisi yang mengarah pada *intermediate event* dan terus mengulang proses ini di level berurutan yang berbeda hingga *fault tree* dilengkapi.
5. Memecahkan *fault tree* untuk kombinasi peristiwa yang menyebabkan *top event*: menentukan semua peristiwa dan kondisi yang diperlukan untuk *top event* terjadi dan mengembangkan *minimal cut set*.
6. Mengidentifikasi potensi *failure dependent* yang penting dan membuat model yang tepat: mempelajari peristiwa dan menemukan ketergantungan antar peristiwa yang dapat menyebabkan peristiwa dan kondisi tunggal atau *multiple* terjadi secara terus menerus.
7. Melakukan analisis kuantitatif menggunakan data statistik lampau untuk mengevaluasi atau memperkirakan kinerja sistem di masa depan.
8. Menggunakan hasil dalam pembuatan keputusan: menemukan kondisi dimana sistem dalam bahaya yang sangat potensial dan memilih tindakan yang tepat serta memberikan rekomendasi untuk menghadapi resiko tersebut.



Gambar 2.1 Langkah-langkah *fault tree analysis*
Sumber: Stematelatos (2002:22)

Fault tree tersusun dari entitas yang dikenal sebagai *gate* yang memperlihatkan hubungan *event* yang dibutuhkan untuk terjadinya *event* lain yang lebih tinggi. Peristiwa yang lebih tinggi adalah *output* dari *gate* sedangkan peristiwa yang lebih rendah adalah *input* untuk *gate.* Simbol-simbol pada *fault tree* dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Simbol *Fault Tree*

Simbol	Keterangan
	Basic Event: peristiwa dasar yang menjadi awal kesalahan.
	Conditioning Event: peristiwa yang mencatat beberapa kondisi.
	Undeveloped Event: peristiwa kesalahan khusus yang tidak perlu pengembangan lebih lanjut.
	External Event: peristiwa yang menandakan bahwa peristiwa tersebut dapat diperkirakan secara normal untuk terjadi
	Intermediate Event: peristiwa kesalahan yang terjadi karena satu atau lebih penyebab yang mendahului melalui *logic gate.*
	And: *gate* yang digunakan untuk memperlihatkan *output* kesalahan terjadi jika semua *input* kesalahan terjadi
	Or: *gate* yang digunakan untuk memperlihatkan *output* kesalahan terjadi jika salah satu *input* kesalahan terjadi
	Exclucive Or:*gate* yang digunakan untuk memperlihatkan *output* kesalahan terjadi jika tepat satu dari input kesalahan yang terjadi.
	Priority And: *outpu* kesalahan terjadi jika semua *input* kesalahan terjadi dalam urutan yang spesifik.
	Inhibit: *gate* yang digunakan untuk memperlihtkan *output* kesalahan terjadi jika *input* kesalahan terjadi di kehadiran dari kondisi yang memungkinkan.
	Transfer In: mengindikasikan bahwa pohon dikembangkan lebih lanjut pada kejadian yang sesuai dengan *transfer out.*
	Transfer Out: mengindikasikan bahwa bagian pohon ini harus ditmbahkan pada *transfer in* yang sesuai.

Sumber: Vesely (1981)

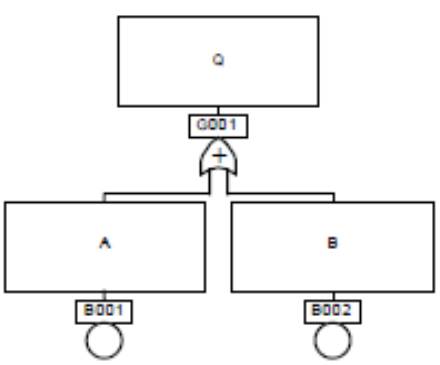
Baig, et al., (2013) menjelaskan bahwa FTA merupakan alat yang paling efektif untuk menilai resiko, tetapi ketika digunakan untuk sistem yang kompleks yang melibatkan jumlah variabel komponen dan proses yang besar, *fault tree* akan menjadi sangat besar dan membutuhkan waktu yang lama untuk menyelesaikannya. Selain itu, keuntungan menggunakan *fault tree analysis* adalah metode FTA dimulai dari *top event* yang dipilih oleh pengguna untuk menentukan kepentingan dan pohon yang dikembangkan akan mengidentifikasi akar penyebab. *Fault tree analysis* memiliki kemampuan untuk digunakan bersamaan dengan komputer dan hasil penggunaan aplikasi komputer memberikan analisis yang lebih baik. Hasil dari FTA yaitu berupa probabilitas tiap *event,* perhitungan probabilitas dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P(B) = \frac{frekuensi\ basic\ event\ yang\ terjadi}{total\ waktu\ pengamatan} \quad (2\text{-}1)$$

2.4.1 Evaluasi Kualitatif

Pada evaluasi kualitatif akan dilakukan dengan mengaplikasikan aljabar Boolean ke dalam *fault tree* agar memperoleh persamaan dari masing-masing *fault tree gate.* Rumus probabilitas dasar yang berhubungan untuk masing-masing *gate* yang dideskripsikan. Kategori *gate* pada dasarnya terbagi menjadi 2 yaitu *and gate* dan *or gate* (Stamatelatos, 2002:71). Selanjutnya, aturan aljabar Boolean akan diaplikasikan untuk memperoleh satu bentuk *fault tree* yang dinamakan *minimal cut set* yang akan digunakan untuk evaluasi kualitatif dan evaluasi kuantitatif pada langkah berikutnya (Stamatelatos, 2002:81).

Menurut Stamatelatos (2002:81) *minimal cut set* merupakan penyederhanaan *fault tree* menggunakan operasi Boolean. Pendekatan *minimal cut set* mengidentifikasi kombinasi *minimal basic event* yang dapat menyebabkan *top event. Minimal cut set* menyoroti kombinasi kerusakan yang paling signifikan dan memperlihatkan dimana perubahan desain dapat mengeliminasi atau mengurangi kombinasi yang tidak diinginkan. *Minimal cut set* juga mendukung validasi pada *fault tree* khususnya pada pemeriksaan *minimal cut set* untuk menentukan jika memang hal tersebut dapat menyebabkan *top event. Minimal cut set* mendukung tindakan perbaikan yang bertujuan memperbaiki setidaknya satu kerusakan dalam *minimal cut set* yang dominan. Stermatelatos, (2002:71) dalam hukumnya menjelaskan bahwa untuk menentukan *minimal cut set* dari *fault tree* yang dilakukan pertama kali adalah menerjemahkan *fault tree* kedalam persamaan Boolean yang ekuivalen. Ada banyak variasi algoritma untuk menerjemahkan persamaan Boolean ke dalam *cut set.* Berikut merupakan contoh evaluasi kualitatif *fault tree.*



Gambar 2.2 Contoh *fault tree*
Sumber: Stamatelatos (2002:72)

Dari contoh *fault tree* tersebut maka:

1. Jika A dan B adalah *mutually exclusive event*, maka
   $P(A \cap B) = 0$ dan (2-2)
   $P(Q) = P(A) + P(B)$ (2-3)
2. Jika A dan B adalah *independent event*, maka
   $P(B \mid A) = P(B)$ dan (2-4)
   $P(Q) = P(A) + P(B) + P(A)\,P(B)$ (2-5)
3. Jika *event* B merupakan *completely dependent on event* A, kapanpun A terjadi B juga terjadi maka
   $P(B \mid A) = 1$ dan (2-6)
   $P(Q) = P(A) + P(B) - P(A)$ (2-7)
   $P(Q) = P(B)$ (2-8)
4. Yang hampir mendekati $P(Q) = P(A) + P(B)$ pada semua kasus, estimasi untuk probabilitas pada *output event* Q adalah:
   $P(A) + P(B) \geq P(A) + P(B) - P(A \cap B)$, untuk semua A dan B (2-9)

2.4.2 Evaluasi Kuantitatif

Secara umum ada dua metode untuk mengevaluasi sebuah *fault tree* secara kuantitatif. Kedua metode ini adalah metode dengan menggunakan pendekatan aljabar Boolean (Boolean algebra approach) serta metode perhitunganlangsung (direct numerical approach). Pada evaluasi ini terdiri dari penetuan probabilitas *top event* serta kepentingan *basic event* (Stamatelatos, 2002:83). *Top event* merupakan kesatuan dari *minimal cut set* maka probabilitas *top event* dapat diperkirakan dengan menjumlahkan probabilitas masing-masing *minimal cut set.* Karena *minimal cut set* adalah gabungan dari *basic event*, maka

probabilitas *minimal cut set* bisa diperoleh dari menjumlahkan probabilitas milik masing-masing *basic event.*

$$\lambda = \lambda_o d + \lambda_N(1-d) \quad (2\text{-}10)$$

Keterangan:

d = siklus kerja mesin (waktu operasi/waktu rencana kerja)

λ_o = tingkat kerusakan komponen dalam kondisi operasi

λ_N = tingkat kerusakan komponen dalam kondisi non operasi

Sumber: Stamatelatos (2002:84)

Data input yang diperlukan untuk *basic event* biasanya berupa salah satu dari empat tipe berikut (Stamatelatos, 2002:84).

1. Probabilitas kerusakan komponen

   Untuk menghitung probabilitas kerusakan komponen, tingkat kerusakan komponen dan waktu rencana kerja diperlukan sebagai data *input.* Waktu tersedia adalah jumlah waktu kondisi operasi dan non operasi. Kondisi operasi didefinisikan sebagai kondisi komponen yang ditujukan untuk melakukan operasi aktual yang melibatkan perpindahan energi, sinyal, atau informasi. Kondisi non operasi didefinisikan sebagai kondisi dimana komponen dalam keadaan mati.

2. Probabilitas terjadinya peristiwa

   Probabilitas terjadinya peristiwa sama dengan probabilitas kerusakan komponen. Data yang diperlukan adalah tingkat terjadinya peristiwa dan interval waktu.

3. Probabilitas *unavailability* komponen

   Probabilitas ini memerlukan data tingkat kerusakan komponen dan waktu pebaikan komponen.

4. Probabilitas *pure event*

   Pada probabilitas *pure event* juga diketahui sebagai probabilitas per tindakan, probabilitas ini tidak mengalami perubahan menjadi parameter yang lebih dasar dan dapat menjadi masukan beberapa peristiwa.

2.5 Konsep Keandalan (*Reliability*)

Definisi keandalan (*reliability*) diuraikan oleh Lewis (1987), Moubray (1997), dan Ebeling (1997) sebagai suatu peluang komponen atau sistem untuk dapat memenuhi fungsi yang dibutuhkan dalam periode waktu yang diberikan. Dengan kata lain keandalan berarti peluang tidak terjadinya kegagalan selama fasilitas tersebut dioperasikan. Terminologi item yang dipakai didalam definisi keandalan diatas dapat mewakili sembarang komponen,

subsistem, atau sistem yang dapat dianggap sebagai satu kesatuan. Definisi diatas terdapat empat komponen pokok atau parameter tetap yaitu:

1. Peluang
2. Kinerja (*performance*) yang memadai
3. Waktu
4. Kondisi operasi

Probabilitas, merupakan input numerik bagi pengkajian keandalan suatu sistem yang juga merupakan indeks kuantitatif untuk menilai kelayakan suatu sistem. Pada beberapa kajian yang melibatkan disiplin ilmu keandalan, probabilitas bukan merupakan satu-satunya indeks, ada beberapa indeks lain yang dapat dipakai untuk menilai keandalan suatu sistem yang sedang dikaji. Tiga komponen lain yaitu kinerja, waktu dan kondisi pengoperasian semuanya merupakan parameter-parameter *engineering* dan teori probabilitas tidak banyak membantu untuk kajian *engineering*. Waktu yang telah ditetapkan untuk pengoperasian sistem bisa saja kontinyu, sedangkan kondisi pengoperasian bisa kondisi pengoperasian yang uniform atau bervariabel, seperti pada fase pengoperasaian propulsi roket dan pada pengoperasian pesawat terbang komersial pada saat *take-off*, *cruising* dan *landing*.

Variabel utama dalam fungsi keandalan adalah waktu terjadinya kerusakan (*time failure*). Fungsi tersebut dirumuskan Lewis (1987) sebagai berikut:

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt \qquad (2\text{-}11)$$

Sumber: Dhillon (2002)

Keterangan:

R(t) : *reliability at time t*

F(t) : *cumulative distribution function*

f(t) : *failure density function*

Sedangkan probabillitas suatu peralatan mengalami kerusakan sebelum jangka waktu t disebut sebagai cdf (*Cumilative Distribution Failure*) dengan rumusan:

$$F(t) = P(x \leq t) \qquad (2\text{-}12)$$

Sumber: Lewis (1987)

Keterangan:

F(t) : fungsi distribusi kumulatif waktu antar kerusakan komponen

Sehingga dari kedua persamaan di atas dapat dirumuskan bahwa probabilitas keandalan suatu peralatan hingga waktu t dirumuskan sebagai:

$$R(t) = 1 - F(t) \qquad (2\text{-}13)$$

Sumber: Lewis (1987)

Setelah menentukan nilai *reliability* sesuai dengan rumus (2-13), maka untuk menentukan interval perawatan komponen dapat menggunakan persamaan:

$$T = \frac{1}{P(B)} \quad (2\text{-}14)$$

Keterangan:

T : interval waktu perawatan

P(B): probabilitas kerusakan

BAB III
METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan tahap yang harus ditetapkan terlebih dahulu sebelum melakukan penyelesaian masalah yang sedang dibahas. Dengan adanya metodologi penelitian, penyusunan skripsi ini akan memiliki alur yang searah dan sistematis. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tahapan-tahapan meliputi studi lapangan, studi pustaka, pengolahan data, analisis hasil, kesimpulan dan saran, serta diagram alir penelitian.

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini termasuk jenis penelitian eksplanatif, Prasetyo & Jannah (2005:43) penelitian eksplanatif dilakukan untuk menemukan penjelasan tentang mengapa suatu kejadian atau gejala terjadi. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menghubungkan pola-pola yang berbeda namun memiliki keterkaitan dan menghasilkan pola hubungan sebab akibat.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2016 sampai dengan bulan September 2016 di PT. Sumber Abadi Bersama yang beralamat di Jalan Banyulegi 1 RT. 032 RW. 004 Kelurahan Ketawang Kecamatan Gondanglegi, Malang, Jawa Timur.

3.3 Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian terbagi menjadi empat tahap, yaitu tahap pendahuluan, tahap pengumpulan data dan pengolahan data, tahap analisis dan pembahasan, serta tahap penarikan kesimpulan. Berikut merupakan penjelasan mengenai masing-masing tahap.

3.3.1 Tahap Pendahuluan

Penjelasan secara sistematis mengenai tahap pendahuluan adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

   Studi literatur digunakan untuk mempelajari teori dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti. Tahap ini diperlukan untuk mencari informasi yang membantu dalam proses pemecahan masalah yang diamati.

Sumber literatur diperoleh dari perpustakaan, perusahaan, internet, serta berbagai penelitian terdahulu.

2. Studi Lapangan

   Metode ini digunakan sistem pada PT. Sumber Abadi Bersama secara keseluruhan. Mulai dari proses produksi serta aktivitas setiap divisi dalam perusahaan. Kegiatan ini dimaksudkan untuk mengetahui sistem kerja khususnya aktivitas divisi pemeliharaan yang ada pada perusahaan.

3. Identifikasi Masalah

   Identifikasi masalah dilakukan untuk mencari penyebab timbulnya masalah yang terjadi. Masalah yang teridentifikasi yaitu terjadinya *downtime* pada mesin yang menyebabkan proses produksi berhenti, yang memiliki peran dalam menjamin kelancaran proses produksi untuk mencapai target perusahaan yang telah ditetapkan. Serta strategi perawatan yang diterapkan pada PT. SAB saat ini belum mampu menjaga *reliability* dan *availability* mesin.

4. Perumusan Masalah

   Setelah mengidentifikasi permasalahan, dilakukan perumusan masalah yang ada sesuai dengan kenyataan dilapangan, yaitu apa saja *basic event* yang menyebabkan terjadinya *downtime* pada mesin *rotary spindle* 9ft, apa saja komponen kritis pada mesin *rotary spindle* 9ft, serta berapa interval perawatan komponen pada *rotary spindle* 9ft.

5. Tujuan Penelitian

   Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya. Hal ini ditujukan untuk menentukan batasan-batasan yang perlu dalam pengolahan dan analisis hasil selanjutnya. Selain itu penetuan tujuan penelitian akan menentukan arah dalam pelaksanaan penelitian ini dimana nantinya akan menyelesaikan masalah dan memberikan alternatif solusi yang tepat untuk diterapkan pada PT. Sumber Abadi Bersama.

3.3.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap pengumpulan dan pengolahan data, langkah-langkahnya akan dijelaskan lebih lanjut pada subbab selanjutnya.

3.3.2.1 Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan metode sebagai berikut:

1. Studi Literatur

   Studi literatur merupakan suatu metode dengan cara mempelajari literatur di perpustakaan serta membaca buku-buku atau sumber data informasi lainnya yang relevan dalam permasalahan.

2. Penelitian Lapangan

   Metode ini digunakan dalam pengumpulan data yang dilakukan secara langsung pada obyek penelitian dilapangan. Kegiatan ini dimaksudkan untuk memperoleh data sebenarnya yang ada pada perusahaan. Terdapat dua jenis pengumpulan data antara lain:

   a. Data primer, yaitu data yang hanya dapat diperoleh dari sumber asli atau pertama. Data yang diperoleh antara lain data alur proses produksi, data profil perusahaan, dan data kegiatan *preventive maintenance*.

   b. Data sekunder, yaitu data yang sudah tersedia hanya tinggal mengumpulkan saja. Data yang diperoleh antara lain data spesifikasi mesin, data *downtime m*esin, data waktu perbaikan mesin, data total kerusakan mesin selama 8 bulan, serta data frekuensi kerusakan.

3.3.2.2 Tahap Pengolahan Data

Data-data yang didapatkan pada tahap pengumpulan data kemudian diolah dengan menggunakan metode yang relevan dengan permasalahan yang dialami untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Pengolahan data meliputi:

1. Pembuatan *reliability block diagram*

   Pada tahapan ini akan dibuat rbd atau *reliability block diagram* dengan tujuan untuk memetakan hubungan antara beberapa elemen sistem untuk mengilustrasikan interaksi fungsional di antara elemen-elemen tersebut yang menjelaskan pengaruhnya terhadap keandalan atau kegagalan sistem.

2. Pembuatan *fault tree diagram*

   Pada tahap ini akan dilakukan identifikasi *top event* yang tidak diinginkan, identifikasi penyebab pada setiap level serta menghubungkan penyebab pada tiap level ke *top event* dengan *logic gate.*

3. Penentuan *minimal cut set*

   Pendekatan *minimal cut set* mengidentifikasi kombinasi *minimal basic event* yang dapat menyebabkan *top event. Minimal cut set* menyoroti kombinasi kerusakan yang paling signifikan dan memperlihatkan dimana perubahan desain dapat mengeliminasi

atau mengurangi kombinasi yang tidak diinginkan. *Minimal cut set* juga mendukung validasi pada *fault tree* khususnya pada pemeriksaan *minimal cut set* untuk menentukan jika memang hal tersebut dapat menyebabkan *top event. Minimal cut set* mendukung tindakan perbaikan yang bertujuan memperbaiki setidaknya satu kerusakan dalam *minimal cut set* yang dominan

4. Identifikasi komponen-komponen rusak yang ada dalam *basic event*

   Dari *minimal cut set* akan diketahui jumlah *basic event* yang dapat merusakan kerusakan. Dalam kasus ini, *basic event* merupakan peristiwa kerusakan serta kegagalan fungsi komponen.

5. Perhitungan probabilitas kerusakan komponen

   Pada tahap ini dilakukan perhitungan pada probabilitas *basic event, intermediate event* level pertama, *intermediate event* level kedua, dan *top event.*

6. Perhitungan nilai keandalan komponen

   Melakukan perhitungan keandalan komponen-komponen yang ada dalam semua *event,* berfungsi untuk mengetahui komponen kritis.

7. Perhitungan interval waktu perawatan komponen berdasarkan nilai keandalan.

   Setelah identifikasi komponen dan perhitungan probabilitas maka tahap selanjutnya melakukan perhitungan interval perawatan komponen.

8. Perhitungan nilai *availability*

   Tujuan dari tahap ini yaitu untuk mengetahui bahwa strategi perawatan yang direkomendasikan lebih efektif dan efisien untuk diterapkan.

3.3.3 Tahap Hasil dan Pembahasan

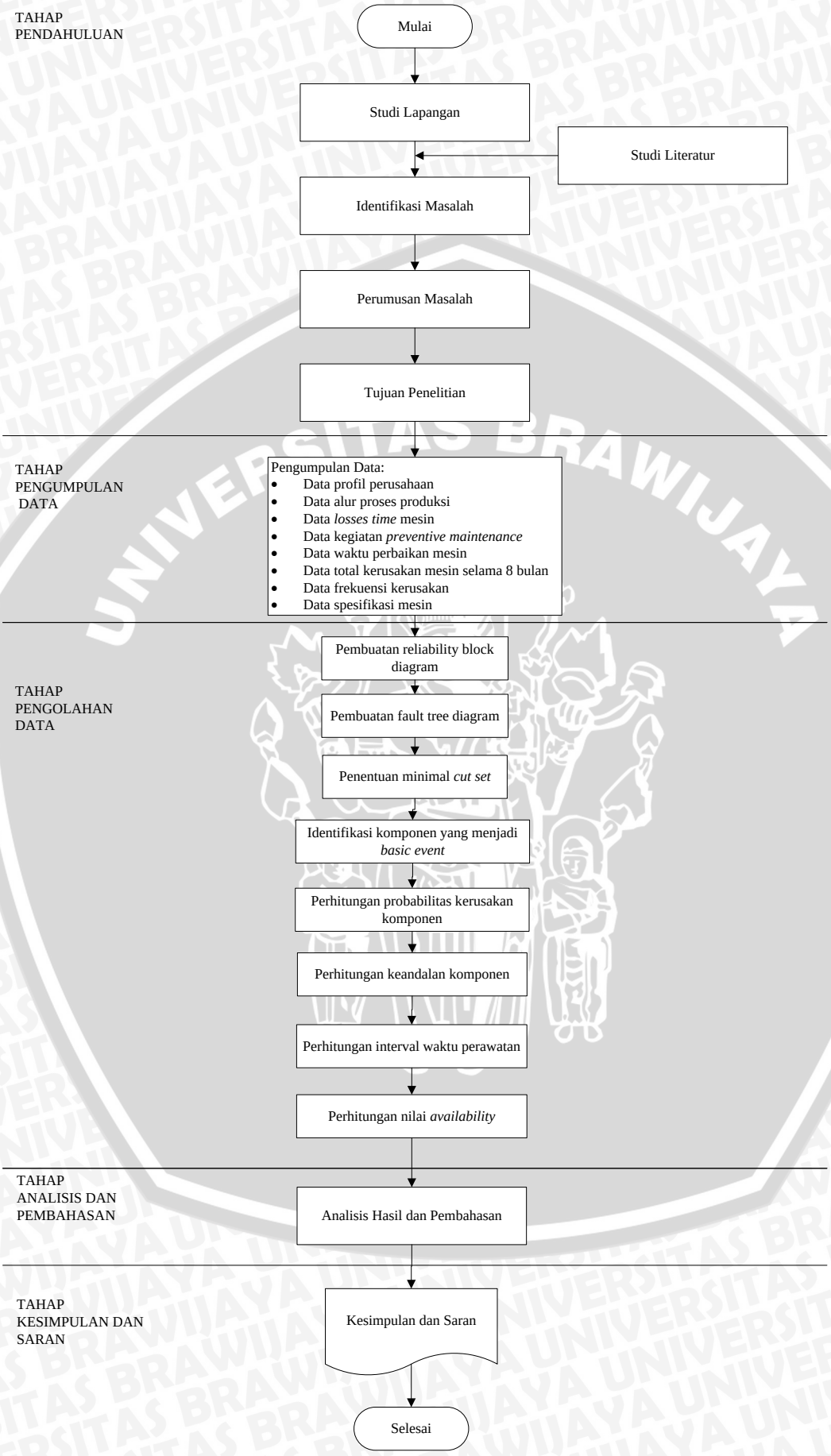
Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap interval waktu perawatan komponen yang didapatkan dari tahap pengolahan data agar didapatkan frekuensi perawatan komponen dalam satu tahun. Interval perawatan komponen digunakan untuk menentukan jadwal perawatan komponen pada mesin. Selanjutknya dilakukan pembahasan mengenai jadwal perawatan yang direkomendasikan.

3.3.4 Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran

Tahap penarikan kesimpulan dan pemberian saran merupakan tahap terakhir dalam penelitian ini. Tahap ini berisi penarikan kesimpulan dari hasil pengumpulan data, pengolahan data, analisis hasil pengolahan data, serta pencapaian tujuan yang telah dirumuskan. Pada tahap ini juga diberikan saran perbaikan general terhadap penelitian, khususnya bagi penelitian sejenis dimasa mendatang, dan juga terhadap PT. Sumber Abadi Bersama sebagai obyek dilaksanakannya penelitian.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai gambaran umum perusahaan, pengumpulan dan pengolahan data, dan analisis serta pembahasan, sehingga dapat menjawab rumusan masalah dan tujuan yang telah ditetapkan.

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT. Sumber Abadi Bersama (SAB) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi kayu lapis (*plywood*). PT. SAB mulai dibangun pada tanggal 18 Maret 2013 berdasarkan Akte Notaris No. 41 tanggal 24 Januari 2013, diresmikan pada tanggal 02 November 2013, dan beroperasi secara komersial saat itu juga. PT. SAB terletak di JL.Banyulegi 1 RT.032 / RW. 004 Desa Ketawang, Kecamatan Gondanglegi, Kabupaten Malang. PT. SAB berjarak ± 65 km disebelah selatan kota Malang dengan luas area keseluruhan mencapai ± 2,1 Ha. PT. SAB menghasilkan produk kayu lapis yang sesuai dengan persyaratan demi tercapainya kepuasan pelanggan dan untuk mewujudkan target produk bermutu ekspor sehingga produk *plywood* yang nantinya dihasilkan akan terakreditasi secara internasional.

Gambar 4.1 Logo PT. SAB

Karyawan PT. SAB berjumlah 650 orang tenaga kerja, yang hampir keseluruhan tenaga tersebut adalah warga sekitar, hal ini berkaitan dengan keinginan PT. SAB untuk memberdayakan warga sekitar. Produk *plywood* yang dihasilkan oleh PT. SAB diantaranya dengan ketebalan ukuran baku sebagai berikut.

1. 2.7 mm: masyarakat umum mengenal dengan ketebalan 3 mm.
2. 4.8 mm: masyarakat umum mengenal dengan ketebalan 5 mm.
3. 7.5 mm: masyarakat umum mengenal dengan ketebalan 8 mm.

4. 11.5 mm: masyarakat umum mengenal dengan ketebalan 12 mm.
5. 14,5 mm: masyarakat umum mengenal dengan ketebalan 15 mm.

4.1.1 Visi dan Misi Perusahaan

Visi dan misi PT. SAB dijelaskan sebagai berikut.

1. Visi

   Menjadi perusahaan yang unggul di bidang manufaktur *plywood*.

2. Misi

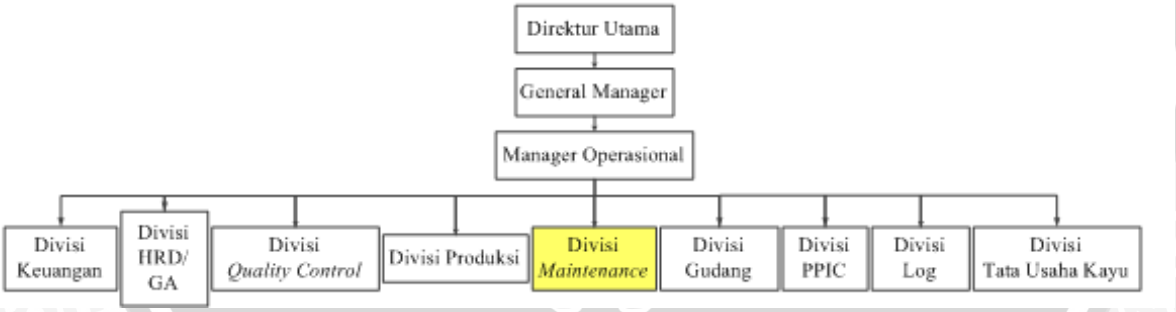
   a. Meningkatkan kualitas *plywood.*

   b. Memberdayakan masyarakat sekitar berkaitan dengan lapangan pekerjaan serta mensejahterahkan karyawan PT. SAB.

   c. Menerapkan *efficient green action*.

4.1.2 Struktur Organisasi PT. SAB

Di dalam suatu perusahaan, struktur organisasi mempunyai peran penting. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pembagian tugas, wewenang dan tanggung jawab dari masing-masing bagian. Struktur organisasi PT. SAB secara umum dapat dilihat pada Gambar 4.2. Penelitian ini berada pada divisi *maintenance* (warna kuning), bagian lini 2 (lini *face/ back*) pada *workstation* pengeringan *face/ back.*



Gambar 4.2 Struktur Organisasi PT. SAB
Sumber: PT. SAB

Sedangkan pembagian tugas secara umum dari masing-masing bagian tersebut dijelaskan sebagai berikut.

1. Direktur Utama

   Direktur utama merupakan fungsi jabatan tertinggi dalam perusahaan, yang secara garis besar bertanggung jawab mengatur perusahaan secara keseluruhan. Tugas direktur utama yaitu sebagai kooordinator, komunikator, pengambil keputusan, pemimpin, pengelola dan eksekutor dalam menjalankan dan mempimpin perusahaan.

2. *General Manager*

   General Manager bertanggung jawab atas kebijakan perusahaan dengan menentukan rencana dan tujuan perusahaan baik jangka pendek maupun jangka panjang, mengkoordinir dan mengawasi seluruh aktivitas yang dilaksanakan dalam perusahaan, dan menjadi perantara dalam mengkomunikasikan ide, gagasan dan strategi antara pimpinan dan staf.

3. *Manager* Operasional

   Manager Operasional bertanggung jawab atas peningkatan efektivitas dan efisiensi operasi perusahaan, mengawasi persediaan, distribusi barang dan tata letak fasilitas operasional, dan membuat pengembangan operasi dalam jangka pendek dan jangka panjang.

4. Divisi Keuangan

   Pada divisi ini dibagi menjadi 2 yaitu bagian *purchasing* yang bertanggung jawab atas pengelolaan pengadaan barang melalui perencanaan secara sistematis dan terkontrol. Bagian *finance dan accounting* bertanggung jawab atas kegiatan di bagian keuangan termasuk koordinasi dengan semua bagian terkait untuk memastikan semua aktivitas yang berhubungan dengan bagian keuangan dengan lancar dan benar.

5. Divisi HRD/ GA

   Divisi *Human Resource Development/ General Affair* (HRD/ GA) bertanggung jawab atas pengelolaan dan pengembangan sumber daya manusia, yaitu dalam hal perencanaan, pelaksanaan dan pengawasan kegiatan sumber daya manusia dan lingkungan internal maupun eksternal, termasuk pengembangan kualitasnya dengan berpedoman pada kebijaksanaan dan prosedur yang berlaku di perusahaan, dan melaksanakan seleksi, promosi, ransfering, demosi terhadap karyawan yang dianggap perlu.

6. Divisi *Quality Control*

   Divisi *quality control* bertanggung jawab untuk meneliti produk dan proses produksi perusahaan untuk memperoleh standar kualitas yang diperlukan yang mencakup monitoring, uji-tes dan memeriksa semua proses produksi yang terlibat dalam produksi suatu produk, dan memastikan standar kualitas dipenuhi oleh setiap komponen dari produk atau layanan yang disediakan oleh perusahaan.

7. Divisi Produksi

   Divisi produksi bertanggung jawab atas pengaturan waktu pekerjaan agar sesuai dengan waktu pengiriman, mengatur posisi pengawas kualitas dimasing-masing titik

pekerjaan. Divisi produksi berkaitan dengan penelitian ini karena di dalam divisi produksi dibagi menjadi beberapa sub divisi (koordinator) yang bertanggungjawab pada setiap *workstation*.

8. Divisi *Maintenance*

   Divisi *maintenance* bertanggung jawab untuk melakukan perawatan dan pemeliharaan atas semua mesin atau peralatan yang dibutuhkan selama proses produksi dan mengatur seluruh kegiatan perusahaan yang berhubungan dengan perawatan segala sarana dan prasarana perusahaan.

9. Divisi Gudang

   Divisi gudang bertanggung jawab atas penerimaan barang dan meneliti apakah barang yang diterima sesuai dengan surat pesanan, membuat laporan bulanan *stock* barang, dan bertanggung jawab atas keamanan barang pada gudang.

10. Divisi PPIC

    Divisi PPIC (*Production Planning and Inventory* Control) bertanggung jawab untuk memberikan penjelasan setiap pesanan barang kebagian produksi, menindaklanjuti perkembangan setiap minggu ke bagian produksi.

11. Divisi *Log*

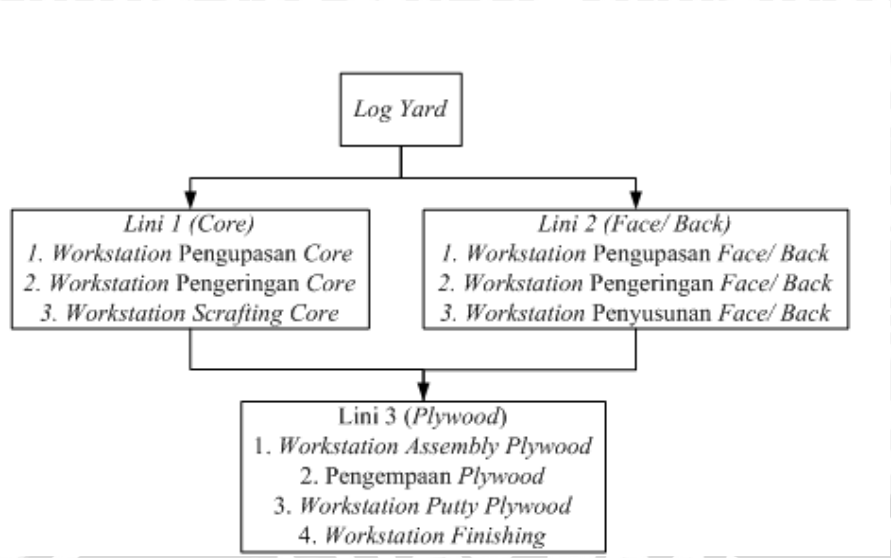
    Divisi *log* bertanggung jawab atas penyediaan kayu sesuai dengan permintaan bagian produksi, bertanggung jawab terhadap kuantitas dan kualitas kayu, melaksanakan pengadaan kayu yang telah ditetapkan dalam anggaran pembelanjaan, dan bertanggung jawab terhadap kayu yang diterima dan dikeluarkan.

12. Divisi Tata Usaha Kayu

    Divisi tata usaha kayu bertanggung jawab terhadap perizinan kepada dinas kehutanan mengenai legalitas kayu.

4.1.3 Proses Produksi

Dalam suatu proses produksi tentu saja memiliki kegiatan yang saling terintegrasi antara satu dengan lainnya. Pada PT. SAB ini dibagi menjadi 4 bagian yaitu, *logyard*, lini 1, lini 2, dan lini 3. Gambar 4.3 menunjukkan alur proses produksi secara umum di PT. SAB. Alur produksi dimulai dari *log yard*, setelah itu kayu akan dibawa menuju lini 1 yaitu untuk proses *core* dan lini 2 untuk proses *face/ back*. Sedangkan untuk penggabungan antara *core* dan *face/ back* akan digabungkan pada lini 3.



Gambar 4.3 Alur Proses Produksi PT. SAB
Sumber: PT. SAB

Penjelasan dari masing-masing lini dijelaskan sebagai berikut.

1. *Log Yard*

   Logyard adalah tempat dimana kayu sebagai bahan baku *plywood* ditata dan diletakkan sesuai dengan urutan datangnya kayu. *Log* (kayu) yang akan digunakan sebagai kayu lapis diseleksi mulai dari ukuran, bentuk, dan kondisinya. Perlakuan awal ini ditujukan untuk memudahkan dalam proses pengupasan log, terutama untuk kayu yang memiliki kerapatan tinggi. Ada 2 jenis ukuran kayu yang ada di *log yard* yaitu ukuran kayu dengan panjang 130 cm (untuk *core*) dan 260 cm (untuk *face/ back*). Setelah dikupas, kayu dibawa ke kolam dengan menggunakan *forklift* untuk dicuci sebelum diproses pada Lini 1 dan Lini 2. Gambar 4.4 menunjukkan *log yard* di PT. SAB.

Gambar 4.4 *Log Yard*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

2. Lini 1 (*Core*)

Pada lini ini terdapat 3 proses yaitu proses pengupasan kayu, proses pengeringan *veneer*, dan proses *scrafting*. Kayu yang diproses pada lini ini adalah kayu yang panjangnya 130 cm. Penjelasan dari masing-masing proses adalah sebagai berikut.

a. *Workstation* Pengupasan

Setelah dicuci di kolam, kayu akan diproses untuk dilakukan pengupasan. Pengupasan ini disebut pengupasan pendahuluan, tujuannya untuk membentuk *log* agar berbentuk silinder. Proses pengupasan dilanjutkan dengan ketebalan kupasan sesuai dengan ketebalan yang telah ditetapkan. Jumlah operator pada *workstation* ini adalah 24 orang. Pada lini ini menghasilkan *core*, *long core* (untuk bagian tengah *plywood)* dengan berbagai ketebalan mulai dari 2-3 mm sesuai dengan kebutuhan. Gambar 4.5 menunjukkan *workstation* pengupasan pada lini *core* di PT. SAB.

Gambar 4.5 *Workstation* Pengupasan
Sumber: Dokumentasi Pribadi

b. *Workstation* Pengeringan *Core*

Lembaran-lembaran *veneer* selanjutnya dikirim ke *workstation* pengeringan untuk dikeringkan. Jumlah operator pada *workstation* ini adalah 9 orang. Mesin yang digunakan adalah *press dryer solid*. Sumber panas *dryer* adalah sistem yang dihasilkan unit *boiler* yang disalurkan melalui pipa-pipa berbentuk spiral ke *dryer*. Gambar 4.6 menunjukkan *workstation* pengeringan *core* di PT. SAB.

Gambar 4.6 *Workstation* Pengeringan *Core*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

c. *Workstation Scrafting*

Pada bagian ini berfungsi sebagai amplas untuk merapikan *core* yang kurang halus sebelum masuk ke mesin *press joint*. Pada bagian ini, untuk menghasilkan *long core* dilakukan pengeleman antara 1 *veneer* dengan *veneer* lain. Sebelum direkatkan, *veneer* tersebut ditata dahulu dan diberi lem dengan adonan tepung terigu dan air. Campuran lem diberikan pada bagian yang akan dilakukan *joint*. Setelah itu dilakukan proses *repair core* (perbaikan *core*). Jumlah operator pada *workstation* ini adalah 12 orang. Gambar 4.7 menunjukkan *workstation scrafting* dengan keterangan gambar (a) adalah mesin *scrafting* dan (b) mesin *press joint*.

(a) Mesin *Scrafting* (b) Mesin *Press Joint*

Gambar 4.7 *Workstation Scrafting*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

3. Lini 2 (*Face/ Back*)

Pada lini ini terdapat proses pengupasan kayu yang panjangnya 260 cm. Pada lini ini menghasilkan *face* dan *back* dengan ketebalan 0,5 mm dan 1 mm. Berikut ini akan dijelaskan proses setelah dari kolam menjadi *veneer* untuk *face/ back.*

a. *Workstation* Pengupasan

Pada *work station* ini proses produksi pertama yang dilakukan adalah melakukan pengupasan bagian kulit kayu oleh mesin *rotary spindleless* 9ft dan selanjutnya dicuci. Setelah dicuci di kolam, kayu akan diproses untuk dilakukan pengupasan awal. Setelah bagian luar dikupas oleh mesin *rotary spindle* 9ft maka kayu akan diproses oleh *rotary spindle* 9ft untuk menghasilkan *face/ back.* Proses pengupasan dilanjutkan dengan ketebalan kupasan 0,5 mm – 1 mm. Mesin *clipper* berfungsi sebagai tempat keluarnya *face/back* yang di sisi kanan dan kirinya sudah diberi *gummed tape*. Selain itu, fungsi *clipper* ini memotong ukuran *veneer* menjadi panjang 122 cm dan lebar 244 cm. Gambar 4.8 menunjukkan *workstation* pengeringan *face/ back* dengan gambar (a) adalah

mesin *rotary spindleless* 9ft dan (b) adalah mesin *rotary spindle* 9ft. Jumlah operator pada *workstation* ini adalah 16 orang.

(a) Mesin *rotary spindleless* 9’ (b) Mesin *rotary spindle* 9ft

Gambar 4.8 *Workstation* Pengupasan *Face/ Back*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

b. *Workstation* Pengeringan *Face/ Back*

Lembaran-lembaran *veneer* selanjutnya dilakukan pengeringan. Tujuan dari pengeringan ini adalah untuk menurunkan kadar air dalam waktu yang relatif singkat, sehingga kadar air ada dalam batas toleransi. Sumber panas *press dryer hollow* adalah sistem yang dihasilkan unit *boiler* yang disalurkan melalui pipa-pipa berbentuk spiral ke mesin *press dryer hollow*. Jumlah operator pada *workstation* ini adalah 6 orang. Gambar 4.9 menunjukkan *workstation* pengeringan *face/ back*.

Gambar 4.9 *Workstation* Pengeringan *Face/ Back*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

c. *Workstation* Penyusunan *Face/ Back*

Pada bagian ini berfungsi untuk menyeleksi mana bagian *face* dan mana bagian *back.* Ciri-ciri bagian *face* adalah *face* tidak pernah *repair,* halus, lebih terang dari *back,* mata kayu kurang dari 3 *pieces,* tidak boleh pecah dan sobek. Pada bagian ini, memperbaiki bagian *back* yang sekiranya masih dapat digunakan dan

diperbaiki. Jumlah karyawan pada *workstation* ini adalah 20 orang. Gambar 4.10 menunjukkan *workstation* penyusunan *face/ back*.

Gambar 4.10 *Workstation* Penyusunan *Face/ Back*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

4. Lini 3 (*Plywood*)

Pada lini ini terdapat 4 *workstation* yaitu *workstation assembly*, pengempaan *plywood, workstation putty plywood*, dan *workstation finishing*. Berikut ini akan dijelaskan masing-masing *workstation* pada lini 3.

a. *Workstation Assembly*

Mesin *glue spreader* adalah mesin yang digunakan untuk merakit *plywood*. Pada proses ini, lembaran *veneer* yang terdiri dari *core, long core*, dan *face/ back* disusun sesuai dengan ketebalan yang diminta oleh pihak pemesan, selanjutnya diberi lem (*glue*) agar dapat menyatu. Sistem pengeleman pada *glue spreader* ini cukup dengan cara memasukkan lembaran-lembaran yang akan dilem pada *roll-roll* yang telah diberi bahan lem. Jumlah operator pada *workstation* ini adalah 8 orang. Gambar 4.11 menunjukkan *workstation assembly*.

Gambar 4.11 *Workstation Assembly*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

b. Pengempaan *Plywood*

Pada *workstation* ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu pengempaan dingin (*cold press*) dan pengempaan panas (*hot press*).

1) *Workstation Cold Press*

Proses pengempaan pada mesin *cold press*, bahan yang telah terbentuk berupa *plywood* disusun beberapa lapis kemudian dikempa menggunakan mesin kempa berkekuatan besar. Semakin tipis *plywood* yang akan dikempa, proses pengempaan semakin cepat, begitu pula sebaliknya. Setelah pengempaan dingin selesai, selanjutnya dilakukan revisi basah. Revisi basah dilakukan untuk melakukan perbaikan pada *plywood*, misalnya dengan cara memperbaiki bagian yang sobek. Jumlah operator pada *workstation* ini adalah 20 orang. Gambar 4.12 menunjukkan *workstation cold press* di PT. SAB.

Gambar 4.12 *Workstation Cold Press*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

2) *Workstation Hot Press*

Proses penekanan panas pada *plywood* dengan menggunakan mesin *hot press*. Pada mesin ini disebut 30 *open*, artinya dalam satu kali proses press mesin dapat melakukan proses tersebut pada 30 *plywood*. Jumlah operator pada *workstation* ini adalah 2 orang. Gambar 4.13 menunjukkan *workstation hot press* di PT. SAB.

Gambar 4.13 *Workstation Hot Press*
Sumber: Dokumetasi Pribadi

c. *Workstation Putty Plywood*

Pemotongan sisi ini dilakukan untuk mendapatkan ukuran yang seragam dan rata sesuai dengan pesanan. Pemotongan ini dilakukan pada unit *double sizer* yang rata-rata tiap menitnya dapat melakukan pemotongan 4 lembar *plywood*. Biasanya permukaan *plywood* tersebut masih terdapat bagian-bagian yang cacat seperti berlubang, retak atau adanya mata kayu. Untuk menutupi bagian tersebut dilakukan pendempulan dengan bahan *hot meld*. Jumlah operator pada *workstation* ini adalah 20 orang. Gambar 4.14 menunjukkan *workstation putty plywood* di PT. SAB dengan gambar (a) mesin *double sizer*, (b) mesin sander dan (c) dempul.

(a) Mesin *double sizer* (b) Mesin *sander* (c) Dempul

Gambar 4.14 *Workstation Putty Plywood*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

d. *Workstation Finishing*

Pada *workstation finishing* dilakukan aktivitas penyeleksian *plywood* kemudian mengelompokkan menurut spesifikasi produk. Setelah selesai dilakukan pengelompokkan maka dilakukan pengepakan dalam palet yang telah disediakan. Gambar 4.15 menunjukkan *workstation finishing* di PT. SAB.

Gambar 4.15 *Workstation Finishing*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan bertujuan untuk melakukan pengolahan yang nantinya dapat memberikan jawaban pada rumusan masalah dan tujuan yang telah ditetapkan. Data yang dikumpulkan meliputi spesifikasi mesin *Rotary Spindle* 9ft, data komponen mesin *Rotary Spindle* 9ft, serta data kerusakan mesin *Rotary Spindle* 9ft tahun 2015.

4.2.1 Spesifikasi dan Komponen Mesin *Rotary Spindle* 9ft

Spesifikasi mesin *Rotary Spindle* 9ft ini berisikan tentang spesifikasi mesin, jumlah mesin, dan contoh gambar mesin. Penjelasan ini digunakan untuk mengetahui spesifikasi dari mesin *Rotary Spindle* 9ft. Pada tabel 4.1 akan dijelaskan mengenai spesifikasi mesin *Rotary Spindle* 9ft.

Tabel 4.1 Data Spesifikasi Mesin *Rotary Spindle* 9ft

Spesifikasi Mesin *Rotary Spindle* 9ft	
Panjang pisau rotary (mm)	2750
Panjang kayu (mm)	2600
Diameter maksimal (mm)	Φ 600
Diameter minimal (mm)	Φ 90
Ketebalan *veneer* (mm)	0,5 mm – 3 mm
Kecepatan rotasi poros utama (r.p/m)	0 - 128 (Step-Less)
Diameter poros utama (mm)	80
Diameter chuck utama	Kecil : 80 Besar : 135
Total power (kW)	43
Ukuran keseluruhan : Panjang x Lebar x Tinggi (mm)	5980 x 1850 x 1425
Berat bersih (kg)	8000

Sumber: Buku Panduan Mesin *Rotary Spindle* 9ft

Secara garis besar komponen pada mesin *rotary spindle* 9ft terdiri dari beberapa komponen yaitu: *double roller, single roller, blade holder,* motor penggerak, dan *autoclipper part.*

1. Komponen Double Roller

   Komponen double roller merupakan komponen yang berfungsi untuk mengupas log atau kayu menjadi veneer. Komponen ini dapat bergerak dikarenakan terdapat belt yang menghubungkan antara poros roller dengan motor penggerak. Komponen double roller dapat dilihat pada gambar 4.16.

Gambar 4.16 Komponen Double Roller
Sumber: Dokumentasi Pribadi

2. Komponen Single Roller

   Pada bagian ini memiliki fungsi sama dengan double roller yaitu mengupas log atau kayu menjadi lembaran veneer sehingga kedua komponen ini bekerja sama untuk memutar log atau kayu. Komponen single roller dapat dilihat pada Gambar 4.17.

Gambar 4.17 Komponen Single Roller
Sumber: Dokumentasi Pribadi

3. Komponen Blade Holder

   Pada bagian ini memiliki fungsi untuk mengupas veneer yang diputar oleh komponen double roller dan single roller. Terdapat komponen screwadjuster yang berfungsi untuk mengatur ketebalan veneer yang dikupas. Komponen blade holder dapat dilihat pada Gambar 4.18.

Gambar 4.18 Komponen Blade Holder

Sumber: Dokumentasi Pribadi

4. Komponen Motor Penggerak

   Komponen motor penggerak merupakan komponen yang berfungsi untuk menggerakkan mesin. Terdapat belt dan chain yang menghubungkan motor dengan komponen lain. Komponen motor penggerak dapat dilihat pada Gambar 4.19.

Gambar 4.19 Komponen Motor Penggerak
Sumber: Dokumentasi Pribadi

5. Komponen Autoclipper

   Komponen ini memiliki fungsi memotong lembaran veneer menjadi ukuran yang telah diatur pada proses *set-up* mesin. Komponen autoclipper dapat dilihat pada Gambar 4.20.

Gambar 4.20 Komponen Autoclipper
Sumber: Dokumentasi Pribadi

4.2.2 Data Kerusakan Mesin *Rotary Spindle* 9ft

Mesin *rotary spindle* 9ft merupakan mesin yang digunakan untuk mengupas kayu untuk menghasilkan bagian *face/back* dari *plywood.* Seperti yang telah dijelaskan pada sub-bab 4.1.3 mengenai proses produksi pada PT. SAB, mesin *rotary spindle* 9ft merupakan mesin yang penting pada proses produksi namun pada kenyataan saat ini mesin tersebut ternyata memiliki *downtime* yang tinggi dibandingkan dengan mesin yang lain. Total waktu produksi untuk mesin *rotary spindle* 9ft selama 1 tahun adalah sebesar 7080, sedangkan total *downtime* adalah sebesar 152 selama 1 tahun. *Downtime* pada mesin ini dikarenakan oleh kerusakan dan kegagalan fungsi komponen yang terjadi pada mesin

rotary spindle 9ft. Data kerusakan dan kegagalan fungsi komponen dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Kerusakan Mesin *Rotary Spindle* 9ft

No.	Nama Komponen	Frekuensi Kerusakan	Total *Downtime* (jam)
1.	Chuck	4	20,59
2.	Roda Sprocket	2	9,79
3.	Support Arm	3	14,69
4.	Bearing	1	4,25
5.	Roller	1	5,9
6.	Piston	1	6,54
7.	Belt Clipper	1	2,14
8.	Pisau Clipper	3	12,56
9.	Worm	2	9,82
10.	Pulley	2	9,79
11.	Actuator Pneumatic	2	10,47
12.	Screw Adjuster	1	4,45
13.	Veneer Peeling (cakar)	2	10,35
14.	Nose bar	1	5,55
15.	Rocker Arm	1	4,79
16.	Knob	2	6,43
17.	Pin	1	5,48
18.	Valve	1	8,21

Sumber: Divisi *Maintenance* PT. SAB

4.3 Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data yang pertama kali dilakukan adalah pembuatan *reliability block diagram,* setelah membuat *reliability block diagram* langkah selanjutnya adalah membuat *fault tree diagram* setelah itu menentukan *minimal cut set* berdasarkan *fault tree diagram* yang telah dibuat. Setelah menetukan *minimal cut set* langkah selanjutnya yaitu identifikasi komponen berdasarkan kejadian atau *event* tujuan dari identifikasi komponen adalah untuk mengetahui tindakan perawatan yang harus dilakukan ketika terjadi kerusakan atau kegagalan fungsi komponen. Setelah identifikasi komponen langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan probabilitas kerusakan berdasarkan pada *fault tree diagram* dan tabel 4.2. Hasil dari perhitungan probabilitas kerusakan digunakan untuk menghitung *reliability* komponen dan interval perawatan komponen. Setelah menentukan interval perawatan langkah selanjutnya yaitu menentukan nilai *availability* untuk mengetahui bahwa interval perawatan komponen mesin yang direkomendasikan lebih baik digunakan agar dapat mengurangi atau mencegah terjadinya kerusakan dan kegagalan fungsi komponen mesin pada PT. SAB.

4.3.1 Pembuatan *Reliability Block Diagram*

Reliability block diagram digunakan untuk memetakan hubungan antara beberapa elemen sistem untuk mengilustrasikan interaksi fungsional diantara elemen-elemen tersebut yang menjelaskan pengaruhnya terhadap keandalan atau kegagalan sistem. *Reliability block diagram* pada sistem produksi pembuatan *plywood* khususnya pada mesin *rotary spindle* 9ft dapat dilihat pada Gambar 4.21 dan untuk lebih jelasnya dilihat pada Lampiran 1.

Gambar 4.21 *Reliability Block Diagram* Mesin *Rotary Spindle* 9ft

1. Blok Penggerak

   Blok penggerak merupakan bagian yang membuat mesin dapat bergerak, pada blok ini terdapat motor dan komponen-komponen lain yang dapat membat mesin dapat bergerak. Komponen yang terdapat pada blok ini adalah motor, belt, gear, poros, roda sprocket, chain, dan pin. *Reliability block diagram* untuk blok penggerak dapat dilihat pada Gambar 4.22.

Gambar 4.22 *Reliability Block Diagram* Blok Penggerak

2. Blok Pengupasan Double Roller

   Blok pengupasan double roller merupakan bagian yang dapat memutar kayu yang akan dikupas. Komponen yang terdapat pada blok ini adalah rongga parallel, poros tubular, nosebar, chuck, dan driven roller. *Reliability block diagram* untuk blok pengupasan double roller dapat dilihat pada Gambar 4.23.

Gambar 4.23 *Reliability Block Diagram* Blok Pengupasan Double Roller

3. Blok Pemotongan

   Blok pemotongan merupakan bagian yang memotong kayu atau mengupas kayu yang diputar oleh blok pengupasan double roller. Komponen yang terdapat pada blok ini adalah knob, srew adjuster, pin poros, knife carrier, worm, arm, dan pisau. *Reliability block diagram* untuk blok pemotongan dapat dilihat pada Gambar 4.24.

Gambar 4.24 *Reliability Block Diagram* Blok Pemotongan

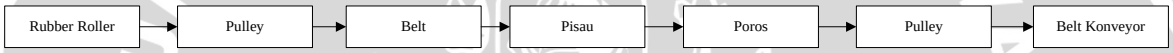
4. Blok Pengupasan Single Roller

Blok pengupasan single roller merupakan bagian yang berfungsi untuk membawa kayu yang telah dikupas untuk dibawa ke blok autoclipper. Komponen yang terdapat pada blok ini adalah nosebar, roller, bearing, linkage, sleeve, roller carrier. *Reliability block diagram* untuk blok pengupasan single roller dapat dilihat pada Gambar 4.25.

Gambar 4.25 *Reliability Block Diagram* Blok Pengupasan Single Roller

5. Blok Autoclipper

Blok autoclipper merupakan bagian yang berfungsi untuk memotong lembaran kayu yang panjang menjadi lembaran kayu dengan ukuran yang telah ditetapkan. Komponen yang terdapat pada blok ini adalah rubber roller, pulley, belt, pisau, poros, pulley, dan belt konveyor. *Reliability block diagram* untuk blok autoclipper dapat dilihat pada Gambar 4.26.



Gambar 4.26 *Reliability Block Diagram* Blok Autoclipper

4.3.2 Pembuatan *Fault Tree Diagram*

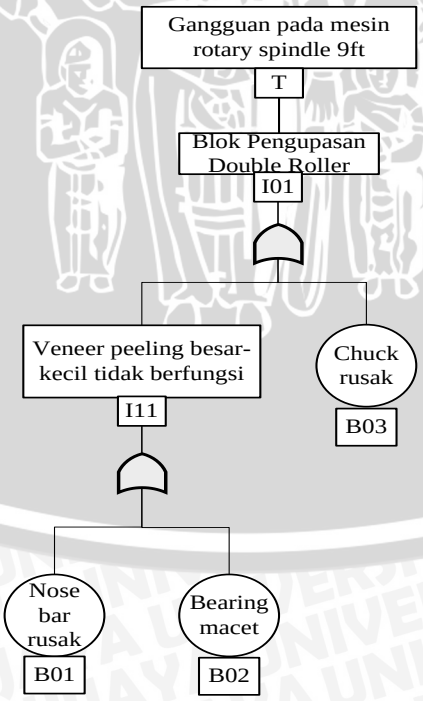
Berdasarkan data kerusakan dan kegagalan fungsi komponen pada mesin *rotary spindle* 9ft. Langkah selanjutnya adalah membuat *fault tree* (FT) untuk mengetahui penyebab dasar teradinya kerusakan dan kegagalan fungsi komponen pada mesin *rotary spindle* 9ft. *Top event* yang terdapat pada *fault tree diagram* yang akan dibuat adalah terjadinya gangguan di lini pembuatan *face/back* pada mesin *rotary spindle* 9ft. *Fault tree diagram* kerusakan dan kegagalan fungsi komponen mesin *rotary spindle* 9ft dapat dilihat pada Lampiran 2.

Lampiran 2 merupakan *fault tree diagram* mengenai kerusakan atau kegagalan fungsi komponen pada mesin *rotary spindle* 9ft. *Top event* dari *fault tree diagram* tersebut adalah gangguan pada mesin *rotary spindle* 9ft. *Top event* ini terhubung dengan 5 part yang menjadi sebagai *intermediate event* level pertama melalui *or gate* pada simbol FTA, yang menunjukkan bahwa *top event* dapat terjadi jika 1 atau 5 dari *intermediate event* level pertama tersebut mengalami gangguan. Gangguan yang terjadi pada masing-masing *intermediate event* level pertama dapat disebabkan oleh *part*/komponen yang menjadi *intermediate event* level kedua atau disebabkan langsung oleh *basic event.* *Basic event* merupakan akar permasalahan yang menyebabkan kerusakan atau kegagalan fungsi komponen pada mesin *rotary spindle* 9ft. *Logic gate* yang digunakan untuk

menghubungkan *top event* dengan *intermediate event* level pertama dan menghubungkan antara *intermediate event* level pertama dengan *intermediate event* level kedua atau dengan *basic event* yaitu *or gate.* *Or gate* mempunyai arti bahwa, *intermediate event* level pertama dapat terjadi jika setidaknya terdapat 1 *intermediate event* level kedua atau *basic event* terjadi. Dari *fault tree diagram* dapat diketahui bahwa:

1. *Top event* (1) = Gangguan pada mesin *rotary spindle* 9ft
2. *Intermediate event* level pertama (5) = blok pengupasan double roller, blok pengupasan single roller, blok pemotongan, blok penggerak, dan blok autoclipper.
3. *Intermediate event* level kedua (9) = Veneer peeling besar-kecil tidak berfungsi, *roller* kecil macet, *single roll* bermasalah, gangguan pada wheel, gangguan pada arm, tekanan kompresi rendah, suara mesin berisik, gangguan pada *clipper,* dan gangguan pada *conveyor.*
4. *Basic event* (21) = *nosebar* rusak, *bearing* macet, *chuck* rusak, *nosebar* rusak, *pneumatic actuator* rusak, veneer peeling aus, *support arm* patah, *nosebar* rusak, poros geser, knob lepas, *screw adjuster* patah, worm rusak, katub aus, poros geser, ring piston aus, rocker arm aus, gigi sprocket aus, pisau pemotong tidak lurus, belt putus, pulley error/macet, dan belt convey putus.

Gambar 4.27 merupakan *fault tree diagram* sebagian untuk blok pengupasan double roller.



Gambar 4.27 *Fault Tree Diagram* sebagian untuk Blok Pengupasan Double Roller

4.3.3 Penentuan *Minimal Cut Set*

Pada langkah penentuan *minimal cut set*, akan dilakukan analisa secara kualitatif menggunakan persamaan aljabar Boolean. Tujuan analisa kualitatif menggunakan aljabar Boolean adalah untuk mengetahui *minimal cut set* pada *fault tree diagram* yang terdapat pada Lampiran 2 (Stamatelatos, 2002:77). Beberapa *basic event* pada *fault tree diagram* akan direduksi untuk mengetahui kombinasi dari *basic event* yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan atau kegagalan fungsi komponen pada mesin *rotary spindle* 9ft.

Dari beberapa *basic event* dan *intermediate event* yang telah dijabarkan sebelumnya, kemudian akan dilakukan analisa secara kualitatif dengan menggunakan persamaan aljabar Boolean. Pada persamaan aljabar Boolean menggunakan simbol matematika yaitu tanda posiitif (+) jika simbol *logic gate* yang digunakan "*or*" dan menggunakan simbol matematika dot (.) jika simbol *logic gate* yang digunakan "*and*". Untuk lebih jelas mengenai analisa kualitatif dengan menggunakan persamaan aljabar Boolean berdasarkan pada Lampiran 2 adalah sebagai berikut:

T = I01 or I02 or I03 or I04 or I05
I01 = I11 or B03
I02 = I12 or I13
I03 = I14 or I15 or B01
I04 = I16 or I17
I05 = I18 or I19
I11 = B01 or B02
I12 = B01 or B04
I13 = B05 or B06
I14 = B07 or B08
I15 = B08 or B09 or B10
I16 = B11 or B12 or B13
I17 = B14 or B15
I18 = B16 or B17
I19 = B18 or 19

Berdasarkan analisa secara kualitatif dengan menggunakan persamaan aljabar Boolean dapat diketahui *minimal cut set* dari *basic event* yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan pada mesin *rotary spindle* 9ft dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 *Minimal Cut Set* Gangguan pada *Mesin Rotary Spindle* 9ft

No.	*Minimal Cut Set*
1.	B01 or B02 or B03
2.	B01 or B04 or B05 or B06
3.	B01 or B07 or B08 or B09 or B10
4.	B11or B12 or B13 or B14 or B15
5.	B16 or B17 or B18 or B19

4.3.4 Identifikasi Komponen

Pada tahap penentuan *minimal cut set* dapat diketahui bahwa jumlah *minimal cut set* yang dapat menyebabkan *top event* terjadi adalah sebanyak 5 *minimal cut set* yang pertama yaitu B01 or B02 or B03, *minimal cut set* yang kedua yang kedua yaitu B01 or B04 or B05 or B06, *minimal cut set* yang ketiga yaitu B01 or B07 B08 or B09 or B10, *minimal cut set* yang keempat yaitu B11 or B12 or B13 or B14 or B15, dan *minimal cut set* yang kelima yaitu B16 or B17 or B18 or B19. Dengan jumlah *basic event* sebanyak 21 dan masing-masing *basic event* dapat menyebabkan kerusakan diatasnya tanpa perlu *basic event* lainnya. Pada kasus ini *basic event* merupakan peristiwa atau kejadian kerusakan dan kegagalan fungsi komponen yang dapat menyebabkan *top event* terjadi. Perbedaan peristiwa pada *basic event* yang terjadi dilakukan identifikasi komponen dengan tujuan untuk mengetahui komponen yang rusak (diganti) atau komponen yang hanya perlu perbaikan saja. Pada Tabel 4.4 menjelaskan mengenai identifikasi perawatan komponen yang diperlukan berdasarkan kondisi yang terjadi.

Tabel 4.4 Identifikasi Perawatan Komponen pada Mesin *Rotary Spindle* 9ft

No.	Basic Event	Komponen	Tindakan Perawatan
1.	B01	Nosebar	Penggantian
2.	B02	Bearing	Penggantian
3.	B03	Chuck	Penggantian
4.	B04	Pneumatic actuator	Penggantian
5.	B05	Veneer peeling	Penggantian
6.	B06	Support arm	Penggantian
7.	B07	Poros	Perbaikan
8.	B08	Knob	Perbaikan
9.	B09	Screw adjuster	Penggantian
10.	B10	Worm	Penggantian
11.	B11	Katub	Penggantian
12.	B12	Poros	Perbaikan
13.	B13	Piston	Penggantian
14	B14	Rocker arm	Penggantian
15.	B15	Sprocket	Penggantian
16.	B16	Pisau potong	Perbaikan
17.	B17	Belt	Penggantian
18.	B18	Pulley	Perbaikan
19.	B19	Belt convey	Penggantian

Berdasarkan pada Tabel 4.4, dapat diketahui bahwa komponen yang memerlukan tindakan perawatan berupa penggantian komponen sebanyak 14 jenis komponen sedangkan komponen yang memerlukan tindakan perawatan berupa perbaikan sebanyak 5 komponen.

4.3.5 Perhitungan Probabilitas Kerusakan

Setelah melakukan identifikasi komponen langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan probabilitas kerusakan. Probabilitas yang dihitung meliputi probabilitas *top event*, *intermediate event* level pertama, *intermediate event* level kedua, serta *basic event*. Probabilitas *basic event* didapatkan dengan menggunakan rumus:

$$P(B) = \frac{frekuensi\ basic\ event\ yang\ terjadi}{total\ waktu\ pengamatan}$$

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data kerusakan atau kegagalan fungsi komponen pada mesin *rotary spindle* 9ft selama tahun 2015. Pada tahun 2015 total hari kerja pada PT. SAB yaitu sebanyak 297 hari kerja. Frekuensi *basic event* diperoleh dengan cara mencocokkan antara data kerusakan yang terdapat pada Tabel 4.2 dengan *event* yang terdapat pada *fault tree diagram* pada Lampiran 2. Contoh perhitungan probabilitas *basic event* yaitu sebagai berikut:

$$P(B03) = \frac{f(B03)}{297} = \frac{4}{297} = 0{,}013$$

Dari perhitungan probabilitas *basic event* P(B03) dapat dilihat bahwa probabilitas kerusakan atau kegagalan fungsi komponen nosebar sebanyak 4 kali dalam 297 hari kerja adalah sebesar 0,013 atau 1,3%. Berikut adalah perhitungan probabilitas kerusakan komponen *basic event* seluruhnya:

$$P(B01I11) = \frac{f(B01I11)}{297} = \frac{1}{297} = 0{,}003$$

$$P(B01I12) = \frac{f(B01I12)}{297} = \frac{1}{297} = 0{,}003$$

$$P(B01) = \frac{f(B01)}{297} = \frac{1}{297} = 0{,}003$$

$$P(B02I11) = \frac{f(B02I11)}{297} = \frac{1}{297} = 0{,}003$$

$$P(B03) = \frac{f(B03)}{297} = \frac{4}{297} = 0{,}013$$

$$P(B04I12) = \frac{f(B04I12)}{297} = \frac{3}{297} = 0{,}01$$

$$P(B05I13) = \frac{f(B05I13)}{297} = \frac{2}{297} = 0{,}0067$$

$$P(B06I13) = \frac{f(B06I13)}{297} = \frac{3}{297} = 0{,}01$$

P(B07I14) = $\frac{f(B07I14)}{297} = \frac{1}{297}$ = 0,003

P(B08I14) = $\frac{f(B08I14)}{297} = \frac{1}{297}$ = 0,003

P(B08I15) = $\frac{f(B08I15)}{297} = \frac{1}{297}$ = 0,003

P(B09I15) = $\frac{f(B09I15)}{297} = \frac{1}{297}$ = 0,003

P(B10I15) = $\frac{f(B10I15)}{297} = \frac{2}{297}$ = 0,0067

P(B11I16) = $\frac{f(B11I16)}{297} = \frac{1}{297}$ = 0,003

P(B12I16) = $\frac{f(B12I16)}{297} = \frac{1}{297}$ = 0,003

P(B13I16) = $\frac{f(B13I16)}{297} = \frac{1}{297}$ = 0,003

P(B14I17) = $\frac{f(B14I17)}{297} = \frac{1}{297}$ = 0,003

P(B15I17) = $\frac{f(B15I17)}{297} = \frac{2}{297}$ = 0,0067

P(B16I18) = $\frac{f(B16I18)}{297} = \frac{3}{297}$ = 0,01

P(B17I18) = $\frac{f(B17I18)}{297} = \frac{1}{297}$ = 0,003

P(B18I19) = $\frac{f(B18I19)}{297} = \frac{2}{297}$ = 0,0067

P(B19I19) = $\frac{f(B19I19)}{297} = \frac{1}{297}$ = 0,003

Setelah melakukan perhitungan probabilitas *basic event* maka dilakukan perhitungan probablilitas *intermediate event* level kedua, *intermediate event* level pertama, dan *top event.* Berikut merupakan contoh perhitungan probabilitas *intermediate event* level kedua:

P(I11) = P(B01∪B02)

= P(B01) + P(B02) – P(B01∩B02)

= 0,003 + 0,003 – (0,003×0,003)

= 0,006 – 0,000009 = 0,005991

Berdasarkan *fault tree diagram,* gangguan pada komponen veneer peelingbesar-kecil (I11) dipengaruhi oleh kerusakan pada komponen nosebar (B01) atau kerusakan pada komponen bearing (B02). Maka, probabilitas gangguan pada komponen veneer peeling besar-kecil merupakan gabungan dari probabilitas kerusakan komponen nosebar dan komponen bearing yaitu sebesar 0,005991 atau 0,5991%. Berikut merupakan contoh perhitungan probabilitas *intermediate event* level pertama:

P(I01) = P(I11∪B03)

= P(I11) + P(B03) – P(I11∩B03)

= 0,005991 + 0,013 – (0,005991 × 0,013) = 0.018913

Berdasarkan *fault tree diagram*, gangguan pada komponen double roller (I01) dipengaruhi oleh kerusakan pada veneer peeling besar-kecil (I11) atau kerusakan pada komponen chuck (B03). Maka, probabilitas gangguan pada komponen double roller merupakan gabungan dari probabilitas kerusakan komponen veneer peeling besar-kecil dan komponen chuck yaitu sebesar 0,018913 atau 1,8913%. Berikut merupakan perhitungan probabilitas untuk *intermediate event* level pertama, *intermediate event* level kedua, dan *top event*:

P(I11) = P(B01∪B02)
= P(B01) + P(B02) – P(B01∩B02)
= 0,003 + 0,003 – (0,003×0,003)
= 0,006 – 0,000009 = 0,005991

P(I01) = P(I11∪B03)
= P(I11) + P(B03) – P(I11∩B03)
= 0,005991 + 0,013 – (0,005991 × 0,013)
= 0,018913

P(I12) = P(B01∪B04)
= P(B01) + P(B04) – P(B01∩B04)
= 0,003 + 0,01 – (0,003 × 0,01)
= 0,01297

P(I13) = P(B05∪B06)
= P(B05) + P(B06) – P(B05∩B06)
= 0,0067 + 0,01 – (0,0067 × 0,01)
= 0,01663

P(I02) = P(I12∪I13)
= P(I12) + P(I13) – P(I12∩I13)
= 0,01297 + 0,01663 – (0,01297 × 0,01663)
= 0,0294

P(I14) = P(B07∪B08)
= P(B07) + P(B08) – P(B07∩B08)
= 0,003 + 0,003 – (0,003 × 0,003)
= 0,005991

P(I15) = P(B08∪B09∪B10)

= P(B08) + P(B09) + P(B10) – P(B08∩B09) - P(B08∩B10) - P(B09∩B10)
+ P(B08∩B09∩B10)

= 0,003 + 0,003 + 0,0067 – (0,003 × 0,003) - (0,003 × 0,0067) - (0,003 × 0,003) + (0,003 × 0,003 × 0,0067)

= 0,0127

P(I03) = P(B01∪I14∪I15)

= P(B01) + P(I14) + P(I15) – P(B01∩ I14) - P(B01∩ I15) - P(I14∩ I15)
+ P(B01∩ I14 ∩ I15)

= 0,003 + 0,005991 + 0,0127 – (0,003 × 0,005991) - (0,003 × 0,0127) – (0,005991 × 0,0127) + (0,003 × 0,005991 × 0,0127)

= 0,0216

P(I16) = P(B11∪B12∪B13)

=P(B11) + P(B12) + P(B13) – P(B11∩ B12) - P(B11∩ B13) - P(B12∩ B13)
+ P(B11∩B12∩ B13)

= 0,003 + 0,003 + 0,003 – (0,003 × 0,003) - (0,003 × 0,003) - (0,003 × 0,003) + (0,003 × 0,003 × 0,003)

= 0,008973

P(I17) = P(B14∪B15)

= P(B14) + P(B15) – P(B14∩ B15)

= 0,003 + 0,0067 – (0,003 × 0,0067)

= 0,00968

P(I04) = P(I16∪I17)

= P(I16) + P(I17) – P(I16 ∩ I17)

= 0,008973 + 0,00968 – (0,008973 × 0,00968)

= 0,0186

P(I18) = P(B16∪B17)

= P(B16) + P(B17) – P(B16∩ B17)

= 0,01 + 0,003 – (0,01 × 0,003)

= 0,01297

P(I19) = P(B18∪B19)

= P(B18) + P(B19) – P(B18∩ B19)

= 0,0067 + 0,003 – (0,0067 × 0,003)

= 0,00968

P(I05) = P(I18∪I19)

= P(I18) + P(I19) – P(I18 ∩ I19)

= 0,01297 + 0,00968 – (0,01297 × 0,00968)

= 0,0225

P(T) = P(I01∪I02∪I03∪I04∪I05)

= P (I01) + P (I02) + P (I03) + P (I04) + P (I05) – P(I01∩ I02) – P(I01∩ I03) - P(I01∩ I04) – P(I01∩ I05) – P(I02∩ I03) - P(I02∩ I04) - P(I02∩ I05) - P(I03∩ I04) - P(I03∩ I05) - P(I04∩ I05) + P(I01∩ I02 ∩ I03) + P(I01∩ I02 ∩ I04) + P(I01∩ I02 ∩ I05) + P(I02∩ I03 ∩ I04) + P(I02∩ I03 ∩ I05) + P(I03∩ I04 ∩ I05) - P(I01∩ I02 ∩ I03 ∩ I04) - P(I01∩ I02 ∩ I03 ∩ I05) + P(I01∩ I02 ∩ I03 ∩ I04 ∩ I05)

= 0,018913 + 0,0294 + 0,0216 + 0,0186 + 0,0225 – (0,018913 × 0,0294) – (0,018913 × 0,0216) – (0,018913 × 0,0186) – (0,018913 × 0,0225) – (0,0294 × 0,0216) – (0,0294 × 0,0186) – (0,0294 × 0,0225) – (0,0216 × 0,0186) – (0,0216 × 0,0225) – (0,0186 × 0,0255) + (0,018913 × 0,0294 × 0,0216) + (0,018913 × 0,0294 × 0,0186) + (0,018913 × 0,0294 × 0,0225) + (0,0216 × 0,0186 × 0,0225) + (0,0216 × 0,0186 × 0,0225) + (0,0216 × 0,0186 × 0,0225) - (0,018913 × 0,0294 × 0,0216 × 0,0186) - (0,018913 × 0,0294 × 0,0216 × 0,0225) + (0,018913 × 0,0294 × 0,0216 × 0,0225) = 0,1062

Pada Tabel 4.5 akan disajikan rekap hasil perhitungan probabilitas kerusakan pada *intermediate event* level pertama,*intermediate event* level kedua, dan *top event.*

Tabel 4.5 Rekap Hasil Perhitungan Probabilitas

No.	*Top event*	Probabilitas
1.	T	0,1062
No.	*Intermediate event* level pertama	Probabilitas
1.	I01	0,018913
2.	I02	0,0294
3.	I03	0,0216
4.	I04	0,0186
5.	I05	0,0225
No.	*Intermediate event* level kedua	Probabilitas
1.	I11	0,005991
2.	I12	0,01297
3.	I13	0,01663
4.	I14	0,005991
5.	I15	0,0127
6.	I16	0,008973
7.	I17	0,00968
8.	I18	0,01297
9.	I19	0,00968

Berdasarkan pada Tabel 4.5, dapat dilihat bahwa probabilitas kerusakan *intermediate event* level kedua (I11, I12, I13, I14, I15, I16, I17, I18, dan I19) berturut-turut adalah 0,005991 (0,6%); 0,1297 (1,3%); 0,01663 (1,7%); 0,005991 (0,6%); 0,0127 (1,3%); 0,008973 (0,9%); 0,00968 (1%); 0,01297 (1,3%); 0,00968 (1%).

Probabilitas kerusakan *intermediate event* level pertama (I01, I02, I03, I04, dan I05) berturut-turut adalah 0,018913 (1,8913%); 0,0294 (2,94%); 0,0216 (2,16%); 0,0186 (1,86%); dan 0,0225 (2,25%). Probabilitas kerusakan pada *intermediate event* level pertama yang terendah adalah pada komponen feed part (I04). Sedangkan probabilitas kerusakan pada *intermediate event* level pertama yang tertinggi adalah pada komponen single roller (I02) yaitu sebesar 0,0294 atau 2,94%. Hal ini disebabkan karena jumlah dan frekuensi *basic event* yang mempengaruhi kegagalan pada komponen tersebut lebih banyak dibandingkan pada komponen lain yaitu komponen nosebar rusak (B01) sebanyak 1 kali, komponen bearing macet (B02) sebanyak 1 kali, dan komponen chuck rusak (B03) sebanyak 4. Setelah melakukan perhitungan probabilitas pada *intermediate event* level pertama dan *intermediate event* level kedua maka dilakukan perhitungan *top event* yaitu sebesar 0,1062 atau 10,62%.

4.3.6 Perhitungan Nilai *Reliability*

Setelah melakukan perhitungan probabilitas kerusakan maka tahap selanjutnya yaitu melakukan perhitungan nilai keandalan komponen. Hasil dari perhitungan probabilitas kerusakan digunakan untuk melakukan perhitungan nilai keandalan. Berikut adalah contoh perhitungan nilai keandalan untuk komponen *basic event* B03:

R(B03) = 1 – P(B03) = 1 – 0,013 = 0,987 = 98,7%

Berdasarkan perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa nilai keandalan komponen chuck (B03) adalah sebesar 98,7%. Berikut adalah perhitungan nilai keandalan untuk semua *basic event*:

R(B01I11)	= 1 – P(B01I11)	= 1 – 0,003	= 0,997	=99,7%
R(B01I12)	= 1 – P(B01I12)	= 1 – 0,003	= 0,997	=99,7%
R(B01)	= 1 – P(B01)	= 1 – 0,003	= 0,997	=99,7%
R(B02I11)	= 1 – P(B02I11)	= 1 – 0,003	= 0,997	=99,7%
R(B03)	= 1 – P(B03)	= 1 – 0,013	= 0,987	=98,7%
R(B04I12)	= 1 – P(B04I12)	= 1 – 0,01	= 0,99	=99%
R(B05I13)	= 1 – P(B05I13)	= 1 – 0,0067	= 0,9933	=99,33%

R(B06I13)	= 1 – P(B06I13)	= 1 – 0,01	= 0,99	=99%
R(B07I14)	= 1 – P(B07I14)	= 1 – 0,003	= 0,997	=99,7%
R(B08I14)	= 1 – P(B08I14)	= 1 – 0,003	= 0,997	=99,7%
R(B08I15)	= 1 – P(B08I15)	= 1 – 0,003	= 0,997	=99,7%
R(B09I15)	= 1 – P(B09I15)	= 1 – 0,003	= 0,997	=99,7%
R(B10I15)	= 1 – P(B10I15)	= 1 – 0,0067	= 0,9933	=99,33%
R(B11I16)	= 1 – P(B11I16)	= 1 – 0,003	= 0,997	=99,7%
R(B12I16)	= 1 – P(B12I16)	= 1 – 0,003	= 0,997	=99,7%
R(B13I16)	= 1 – P(B13I16)	= 1 – 0,003	= 0,997	=99,7%
R(B14I17)	= 1 – P(B14I17)	= 1 – 0,003	= 0,997	=99,7%
R(B15I17)	= 1 – P(B15I17)	= 1 – 0,0067	= 0,9933	=99,33%
R(B16I18)	= 1 – P(B16I18)	= 1 – 0,01	= 0,99	=99%
R(B17I18)	= 1 – P(B17I18)	= 1 – 0,003	= 0,997	=99,7%
R(B18I19)	= 1 – P(B18I19)	= 1 – 0,0067	= 0,9933	=99,33%
R(B19I19)	= 1 – P(B19I19)	= 1 – 0,003	= 0,997	=99,7%

Perhitungan nilai keandalan untuk *intermediate event* level kedua yaitu sebagai berikut:

R(I11)	= 1- P(I11)	= 1 – 0,005991	= 0,994	= 99,4%
R(I12)	= 1- P(I12)	= 1 – 0,01297	= 0,987	= 98,7%
R(I13)	= 1- P(I13)	= 1 – 0,01663	= 0,984	= 98,4%
R(I14)	= 1- P(I14)	= 1 – 0,005991	= 0,994	= 99,4%
R(I15)	= 1- P(I15)	= 1 – 0,0127	= 0,987	= 98,7%
R(I16)	= 1- P(I16)	= 1 – 0,008973	= 0,991	= 99,1%
R(I17)	= 1- P(I17)	= 1 – 0,00968	= 0,991	= 99,1%
R(I18)	= 1- P(I18)	= 1 – 0,01297	= 0,987	= 98,7%
R(I19)	= 1- P(I19)	= 1 – 0,00968	= 0,991	= 99,1%

Perhitungan nilai keandalan untuk *intermediate event* level pertama yaitu sebagai berikut:

R(I01)	= 1 – P(I01)	= 1 – 0,018913	= 0,981	= 98,1%
R(I02)	= 1 – P(I02)	= 1 – 0,0294	= 0,971	= 97,1%
R(I03)	= 1 – P(I03)	= 1 – 0,0216	= 0,978	= 97,8%
R(I04)	= 1 – P(I04)	= 1 – 0,0186	= 0,981	= 98,1%
R(I05)	= 1 – P(I05)	= 1 – 0,0225	= 0,977	= 97,7%

Perhitungan nilai keandalan untuk *top event* yaitu sebagai berikut:

R(T)	= 1 – P(T)	= 1- 0,1062	= 0,8938	= 89,38%

Dari perhitungan nilai keandalan untuk *top event* didapatkan hasil sebesar 89,38%, nilai keandalan pada mesin *rotary spindle* 9ft terbilang rendah. Komponen yang paling kritis pada mesin *rotary spindle* 9ft adalah *single roller* (I02) dengan nilai keandalan sebesar 97,1%. Komponen kritis pada *single roller* dan komponen kritis pada mesin *rotary spindle* 9ft secara keseluruhan adalah *single roll* (I13) dengan nilai keandalan sebesar 98,4%.

4.3.7 Perhitungan Interval Waktu Perawatan Komponen Mesin

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan interval perawatan komponen mesin, hasil dari perhitungan probabilitas kerusakan digunakan untuk menghitung interval perawatan komponen mesin. Berdasarkan pada tahap identifikasi komponen, perawatan komponen terbagi menjadi 2 perawatan yaitu penggantian komponen dan perbaikan komponen. Sehingga perhitungan interval perawatan komponen juga dibagi menjadi dua yaitu perhitungan interval penggantian komponen dan interval perbaikan komponen, hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam menyusun jadwal perawatan komponen. Berikut adalah contoh perhitungan interval waktu penggantian komponen:

$$T(B03) = \frac{1}{P(B03)} = \frac{1}{0{,}013} = 76{,}92$$

Komponen chuck (B03) merupakan komponen rusak sehingga diperlukan penggantian dengan interval waktu penggantian komponen selama 76 hari. Berikut merupakan perhitungan interval waktu penggantian komponen seluruhnya yaitu sebagai berikut:

$$T(B01I11) = \frac{1}{P(B01I11)} = \frac{1}{0{,}003} = 333 \text{ hari} = 48 \text{ minggu}$$

$$T(B01I12) = \frac{1}{P(B01I12)} = \frac{1}{0{,}003} = 333 \text{ hari} = 48 \text{ minggu}$$

$$T(B01) = \frac{1}{P(B01)} = \frac{1}{0{,}003} = 333 \text{ hari} = 48 \text{ minggu}$$

$$T(B03) = \frac{1}{P(B03)} = \frac{1}{0{,}013} = 76{,}92 = 76 \text{ hari} = 11 \text{ minggu}$$

$$T(B04I12) = \frac{1}{P(B04I12)} = \frac{1}{0{,}01} = 100 \text{ hari} = 15 \text{ minggu}$$

$$T(B06I13) = \frac{1}{P(B06I13)} = \frac{1}{0{,}01} = 100 \text{ hari} = 15 \text{ minggu}$$

$$T(B09I15) = \frac{1}{P(B09I15)} = \frac{1}{0{,}003} = 333 \text{ hari} = 48 \text{ minggu}$$

$$T(B10I15) = \frac{1}{P(B10I15)} = \frac{1}{0{,}0067} = 149 \text{ hari} = 22 \text{ minggu}$$

$$T(B17I18) = \frac{1}{P(B17I18)} = \frac{1}{0{,}003} = 333 \text{ hari} = 48 \text{ minggu}$$

T(B19I19) = $\frac{1}{P(B19I19)} = \frac{1}{0,003}$ = 333 hari = 48 minggu

Berikut merupakan perhitungan interval waktu perbaikan komponen seluruhnya yaitu sebagai berikut:

T(B02I11) = $\frac{1}{P(B02I11)} = \frac{1}{0,003}$ = 333 hari = 48 minggu

T(B05I13) = $\frac{1}{P(B05I13)} = \frac{1}{0,0067}$ = 149 hari = 22 minggu

T(B07I14) = $\frac{1}{P(B07I14)} = \frac{1}{0,003}$ = 333 hari = 48 minggu

T(B08I14) = $\frac{1}{P(B08I14)} = \frac{1}{0,003}$ = 333 hari = 48 minggu

T(B08I15) = $\frac{1}{P(B08I15)} = \frac{1}{0,003}$ = 333 hari = 48 minggu

T(B11I16) = $\frac{1}{P(B11I16)} = \frac{1}{0,003}$ = 333 hari = 48 minggu

T(B12I16) = $\frac{1}{P(B12I16)} = \frac{1}{0,003}$ = 333 hari = 48 minggu

T(B13I16) = $\frac{1}{P(B13I16)} = \frac{1}{0,003}$ = 333 hari = 48 minggu

T(B14I17) = $\frac{1}{P(B14I17)} = \frac{1}{0,003}$ = 333 hari = 48 minggu

T(B15I17) = $\frac{1}{P(B15I17)} = \frac{1}{0,0067}$ = 149 hari = 22 minggu

T(B16I18) = $\frac{1}{P(B16I18)} = \frac{1}{0,01}$ = 100 hari = 15 minggu

T(B18I19) = $\frac{1}{P(B18I19)} = \frac{1}{0,0067}$ = 149 hari = 22 minggu

Setelah melakukan perhitungan interval perawatan komponen maka disusun jadwal perawatan komponen selama 1 tahun (asumsi dalam 1 tahun terdapat 52 minggu) yang dapat dilihat pada Lampiran 3. Lampiran 3 merupakan rekomendasi jadwal perawatan komponen mesin *rotary spindle* 9ft berdasarkan pada hasil dari perhitungan interval penggantian dan perbaikan komponen mesin.

4.4 Analisis dan Pembahasan

Pada subbab ini menjelaskan tentang penyusunan jadwal perawatan komponen mesin *rotary spindle* 9ft yang akan direkomendasikan berdasarkan pada perhitungan interval waktu perawatan dan dilakukan analisis mengenai nilai *availability* untuk mengetahui bahwa jadwal perawatan yang direkomendasikan lebih baik daripada strategi perawatan yang diterapkan saat ini.

4.4.1 Penyusunan Jadwal Perawatan Komponen

Setelah melakukan perhitungan interval perawatan komponen maka melakukan penyusunan jadwal perawatan mesin *rotary spindle* 9ft yang dapat dilihat pada Lampiran 3. Namun jadwal yang ditunjukan pada Lampiran 3 masih dapat diubah untuk mendapatkan jadwal perawatan yang lebih optimal. Jadwal perawatan yang diusulkan adalah jadwal perawatan pencegahan atau preventif. Hasil waktu interval yang telah dihitung merupakan waktu perkiraan terjadinya kerusakan komponen, jadi perawatan preventif dilakukan sebelum waktu perkiraan terjadinya kerusakan. Berikut merupakan langkah-langkah dalam menyusun jadwal perawatan preventif:

1. Menentukan waktu perawatan komponen yang berdekatan, yaitu:
   a. Waktu perawatan komponen B03 yang ketiga (minggu ke-33) berdekatan dengan waktu perawatan komponen B04I12, B06I13 dan B16I18 yang kedua (minggu ke-30).
   b. Waktu perawatan komponen B04I12, B06I13 dan B16I18 yang ketiga (minggu ke-45) berdekatan dengan waktu perawatan komponen B05I13, B10I15, B15I17 dan B18I19 yang kedua (minggu ke-44) serta berdekatan dengan waktu perawatan komponen B03 yang keempat (minggu ke-44).
2. Setelah mengetahui waktu kedekatan perawatan komponen kemudian dilakukan penggabungan waktu perawatan komponen dengan cara *trial and error.* Hal yang perlu dipertimbangkan dalam melakukan penggabungan waktu perawatan komponen adalah sebagai berikut:
   a. Waktu perawatan komponen dilakukan sebelum perkiraan waktu kerusakan komponen.
   b. Kesamaaan letak komponen yang terdapat pada *part.*
   c. Pergeseran waktu perawatan komponen.
   d. Perubahan interval waktu perawatan namun tidak melebihi interval waktu yang telah dihitung.

   Hasil dari *trial and error* yang akan menunjukkan penggabungan waktu perawatan komponen yang paling optimal dengan melakukan beberapa perubahan pada interval perawatan, yang akan dijelaskan sebagai berikut:
   a. Waktu perawatan yang ketiga untuk komponen B04I12, B06I13 dan B16I18 digeser 1 minggu lebih awal dari minggu ke-45 menjadi minggu ke-44, sehingga interval perawatan komponen berkurang 1 minggu yang awalnya 15 minggu menjadi 14 minggu.

b. Waktu perawatan yang pertama untuk komponen B01I12, B08I15, B09I15, B14I17, B17I18 dan B19I19 digeser 4 minggu lebih awal dari minggu ke-48 menjadi minggu ke-44, sehingga interval perawatan komponen berkurang 4 minggu yang awalnya 48 minggu menjadi 44 minggu.

3. Setelah melakukan perubahan waktu perawatan komponen, maka akan didapatkan penggabungan waktu perawatan yaitu waktu perawatan komponen B04I12, B06I13 dan B16I18 yang ketiga dilakukan bersamaan dengan waktu perawatan komponen B03 yang keempat, B05I13, B10I15, B15I17 dan B18I19 yang kedua serta B01I12, B08I15, B09I15, B14I17, B17I18 dan B19I19 yang pertama yaitu pada minggu ke-44.
4. Setelah melakukan penggabungan waktu perawatan komponen maka menyusun jadwal perawatan preventif yang dapat dilihat pada Lampiran 4.

4.4.2 Analisis Nilai *Availability*

Setelah menyusun jadwal perawatan preventif komponen mesin maka dilakukan analisis *availability* dari jadwal perawatan yang telah direkomendasikan dengan cara membandingkan jadwal perawatan preventif dengan laporan kerusakan pada mesin *rotary spindle* 9ft yang terjadi. Berikut merupakan perhitungan nilai *availability* saat ini dan perhitungan nilai *availability* setelah diberikan rekomendasi jadwal perawatan preventif:

1. Perhitungan nilai *availability* saat ini:

$$Availability = \frac{\text{Waktu total} - Downtime}{\text{Waktu Total}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{7080-152}{7080} \text{ x } 100\% = 97{,}85\%$$

Waktu total sebesar 7080 didapatkan dari total waktu kerja selama satu tahun pada PT. SAB sedangkan waktu *downtime* sebesar 152 didapatkan dari waktu total *downtime* mesin *Rotary Spindle* 9ft selama satu tahun pada PT. SAB.

2. Perhitungan nilai *availability* setelah diberikan rekomendasi:

$$Availability = \frac{\text{Waktu total} - Downtime}{\text{Waktu Total}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{7080-52}{7080} \text{ x } 100\% = 99{,}26\%$$

Waktu total sebesar 7080 didapatkan dari total waktu kerja selama satu tahun pada PT. SAB sedangkan waktu *downtime* sebesar 52 didapatkan dari waktu total perkiraan *downtime* mesin *Rotary Spindle* 9ft selama satu tahun pada PT. SAB, dengan asumsi dalam satu hari perbaikan dibutuhkan 8 jam untuk melakukan perbaikan.

Terjadi penurunan total *downtime* yang awalnya 152 menjadi 52, hal tersebut dikarenakan hari yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan atau penggantian

komponen berkurang yang awalnya 14 hari menjadi 7 hari sehinggan *downtime* juga berkurang.

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa nilai *availability* dari mesin *rotary spindle* 9ft meningkat. Nilai *availability* sebelum dilakukan *preventive maintenance* yaitu sebesar 97,85% sedangkan nilai *availability* setelah dilakukan *preventive maintenance* yaitu sebesar 99,26% dengan selisih 1,41%. Selain itu dapat dilihat dari jumlah hari kerusakan atau jumlah hari yang diperlukan untuk melakukan perbaikan. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perbandingan Jumlah hari yang diperlukan

	Sebelum melakukan *preventive maintenance*	Setelah melakukan *preventive maintenance*
Frekuensi kerusakan atau perawatan komponen	31	35
Jumlah hari kerusakan atau jumlah hari yang diperlukan untuk melakukan perbaikan	14	7

Berdasarkan pada Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa frekuensi kerusakan atau perawatan komponen bertambah yang awalnya 31 kali menjadi 35 kali. Namun jumlah hari kerusakan atau jumlah hari yang diperlukan untuk melakukan perbaikan menurun dari 14 hari menjadi 7 hari. Frekuensi perawatan komponen meningkat dikarenakan pada perbedaan jumlah hari yang diperlukan sebelum melakukan *preventive maintenance* dan setelah melakukan *preventive maintenance*. Dengan rentang waktu yang lebih lama maka frekuensi perawatan yang dilakukan (kerusakan yang terjadi) menjadi banyak. Selain itu perubahan frekuensi perawatan komponen meningkat dikarenakan adanya perubahan waktu perawatan, yaitu pergeseran waktu perawatan komponen lebih awal serta pengurangan interval perawatan komponen. Waktu perawatan komponen yang pertama dilakukan lebih awal dan interval perawatan komponen semakin pendek, sehingga frekuensi perawatan komponen untuk *preventive maintenance* lebih banyak. Namun frekuensi perawatan mesin menjadi sedikit, frekuensi perawatan mesin dapat dilihat dari jumlah hari yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan preventif pada mesin *rotary spindle* 9ft. Hal ini dikarenakan ada beberapa komponen yang dilakukan perawatan secara bersamaan di waktu yang sama sehingga dihitung sebagai 1 kali perawatan mesin *rotary spindle* 9ft sehingga keandalan mesin secara keseluruhan meningkat.

Frekuensi perawatan mesin menjadi lebih sedikit dibuktikan dengan hari yang diperlukan hanya 7 hari yang awalnya 14 hari. Dari perhitungan nilai *availability* mesin dan Tabel 4.6 dapat disimpulkan bahwa rekomendasi jadwal perawatan preventif terjadi peningkatan sebesar 1,41% atau berkurangnya hari yang diperlukan untuk melakukan perawatan yaitu sebesar 7 hari.

BAB V
PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan yang telah ditujukan untuk menjawab rumusan masalah, serta saran yang merupakan masukan-masukan yang mengacu pada analisis dan pembahasan.

5.1 Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan di PT. SAB tentang perencanaan interval perawatan komponen mesin dengan metode FTA untuk meningkatkan *availability* didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Kerusakan komponen paling awal yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan mesin atau *failure* yang disebut dengan *basic event.* Terdapat 21 *basic event* yang dapat menyebabkan terjadinya *failure* pada mesin *rotary spindle* 9ft yaitu *nosebar* rusak (B01I11), *nosebar* rusak (B01) *nosebar* rusak (B01I12), *bearing* macet (B02), *chuck* rusak (B03), *pneumatic actuator* rusak (B04), veneer peeling aus (B05), *support arm* patah (B06), poros geser (B07), knob lepas (B08), *screw adjuster* patah (B09), worm rusak (B10), katub aus (B11), poros geser (B13), ring piston aus (B14), rocker arm aus (B15), gigi sprocket aus (B16), pisau pemotong tidak lurus (B17), belt putus, pulley error/macet (B18), dan belt convey putus (B19).
2. Komponen yang paling kritis pada mesin *rotary spindle* 9ft adalah *single roller* (I02) dengan nilai keandalan sebesar 97,1%. Komponen kritis pada *single roller* dan komponen kritis pada mesin *rotary spindle* 9ft secara keseluruhan adalah *single roll* (I13) dengan nilai keandalan sebesar 98,4%.
3. Berdasarkan dari analisis untuk rekomendasi jadwal perawatan pada mesin *rotary spindle* 9ft didapatkan interval perawatan komponen yaitu sebagai berikut:
   a. Interval perawatan komponen B01I11, B01, B02I11, B07I14, B08I14, B11I16, B12I16 dan B13I16 yaitu sebesar 48 minggu.
   b. Interval perawatan komponen B01I12 B08I15, B09I15, B14I17, B17I18 dan B19I19 yaitu sebesar 44 minggu.
   c. Interval perawatan komponen B03 yaitu sebesar 11 minggu.

d. Interval perawatan komponen B04I12, B06I13, dan B16I18 yaitu sebesar 15 minggu.
e. Interval perawatan komponen B05I13, B10I15, dan B15I17 yaitu sebesar 22 minggu.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dan kesimpulan yang dijabarkan, maka berikut saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini sehingga dapat digunakan untuk penelitian-penelitian selanjutnya:

1. Diharapkan PT. SAB dapat menjadikan penjadwalan perawatan komponen yang dirkomendasikan dijadikan sebagai referensi untuk menjadwalkan perawatan preventif.
2. Dalam menyusun jadwal perawatan perusahaan bisa menambahkan biaya sebagai pertimbangan dalam melakukan perawatan sehingga jadwal perawatan yang dibuat lebih optimal dengan mempertimbangkan biaya perawatan.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

DAFTAR PUSTAKA

Assauri, Sofjan. 1980. *Manajemen Produksi.* Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.

Dal, B.2000. Overall Equipment Effectiveness as a Measure of Operation Improvement. *International Journal of Operations and Production Management.* XX(I):1491.

Dhillon, B. S. 2002. *Enggineering Maintenance.* New York: CRC Press.

Ebeling, C. E. 1997. *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering.* New York: McGraw-Hill.

Herry, C. P. & Winny, S. 2012. Perancangan RCM untuk Mengurangi *Downtime* Mesin pada Perusahaan Manufaktur Aluminium. *Proceedings of the National Symposium on Management of Technology XV*: 121-131. Surabaya: Industrial Engineering Department.

Isaac, A. S., Ayokunle, A. A., James, K., & Ishioma, A. O. Fault Tree-Based Reliability Assesment of a 132-kV Transmission Line Protection Scheme. *American Journal of Engineering Research.* II(10): 100-106.

Lewis, B. B. 1987. *Introduction to Reliability Engineering.* New York: John Wiley & Sons, Inc.

Prasetyo & Jannah. 2005. *Metode Penelitian Kualitatif.* Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.

Priyanta, Dwi. 2000. *Keandalan dan Perawatan.* Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

Stamatelatos, Michaell. 2002. *Fault Tree Handbook with Aerospace Application.* NASA: Washington DC.

Sudrajat, Ating. 2011. *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri.* Bandung: Refika Aditama.

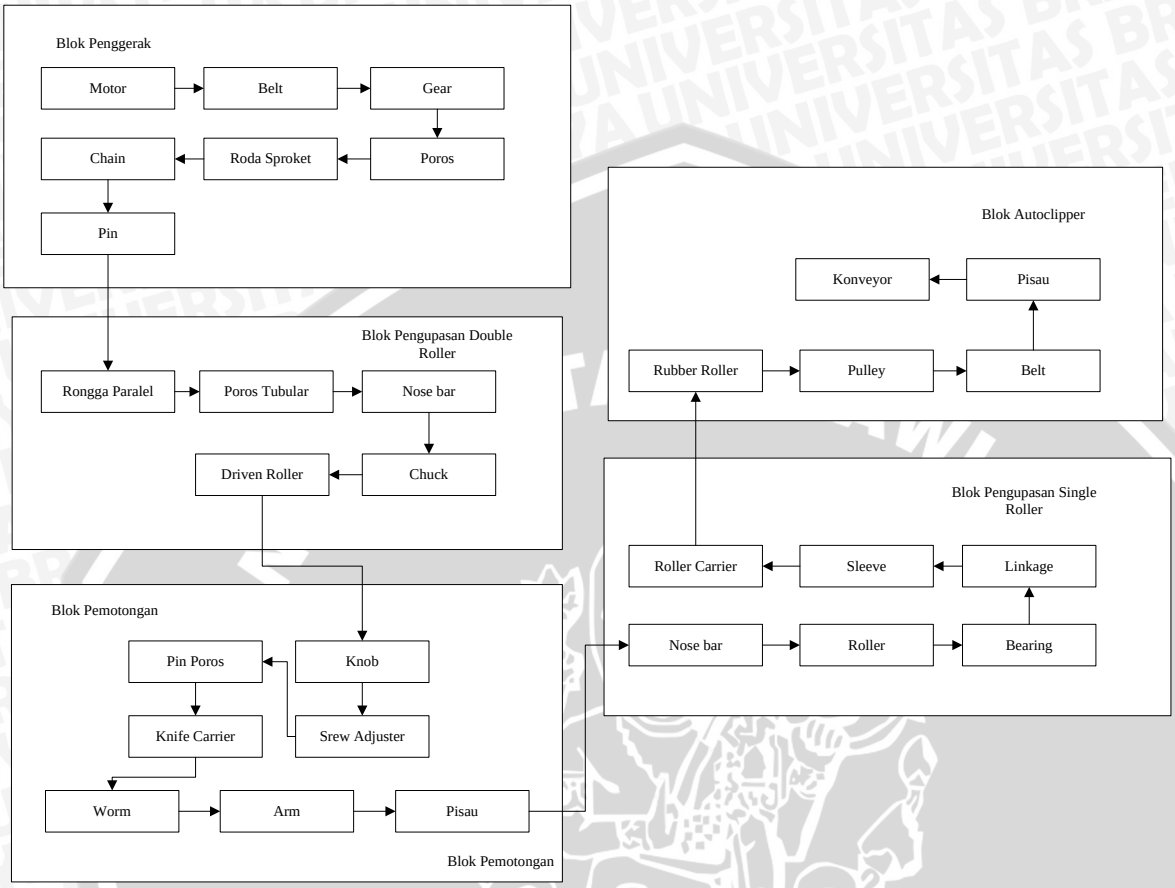
Vesely, William. 1981. *Fault Tree Handbook.* US Nuclear Regulatory Commision: Washington DC.

Yumaida. (2011). *Analisis Resiko Kegagalan Pemeliharaan pada Pabrik Pengolahan Pupuk NPK Granular*. http://lontar.ui.ac.id/file?file=digital/20281099-S658-Analisis%20risiko.pdf. (Diakeses 30 Maret 2016)

LAMPIRAN

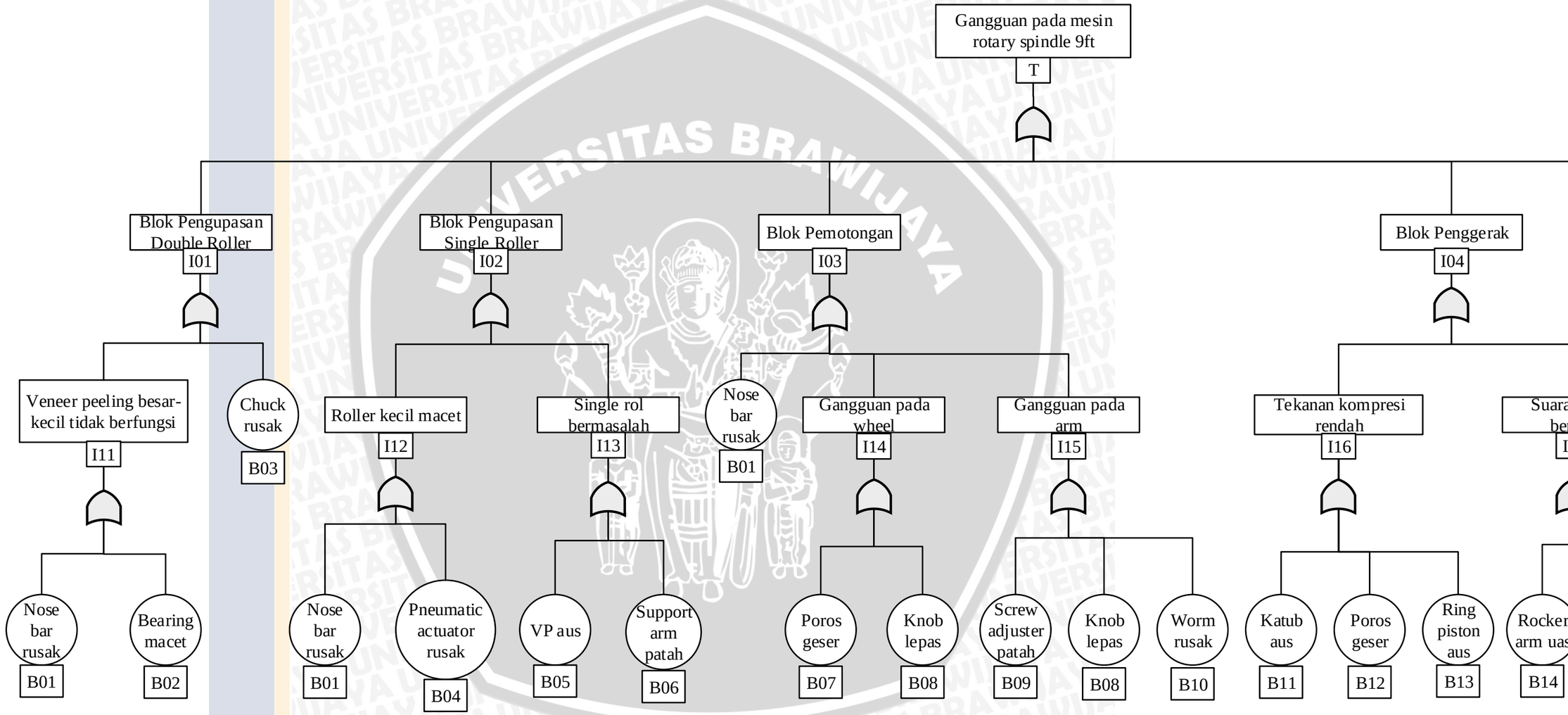
repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 1 *Reliability Block Diagram* pada Mesin *Rotary Spindle* 9ft



Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 2 *Fault tree diagram*



Lampiran 3 Jadwal Perawatan Preventif Komponen Sebelum Penggabungan

Minggu-1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
B01I11																																							
B01I12																																						
B01																																						
B02I11																																						
B03																																						
B04I12																																						
B05I13																																						
B06I13																																						
B07I14																																						
B08I14																																						
B08I15																																						
B09I15																																						
B10I15																																						
B11I16																																						
B12I16																																						
B13I16																																						
B14I17																																						
B15I17																																						
B16I18																																						
B17I18																																						
B18I19																																						
B19I19																																						

Ket: **: Tindakan penggantian komponen**

: Tindakan perbaikan komponen

Lampiran 4 Jadwal Perawatan Preventif Komponen Setelah Penggabungan

Minggu-1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
B01I11																																							
B01I12																																						
B01																																						
B02I11																																						
B03																																						
B04I12																																						
B05I13																																						
B06I13																																						
B07I14																																						
B08I14																																						
B08I15																																						
B09I15																																						
B10I15																																						
B11I16																																						
B12I16																																						
B13I16																																						
B14I17																																						
B15I17																																						
B16I18																																						
B17I18																																						
B18I19																																						
B19I19																																						

Ket: **: Tindakan penggantian komponen**

: Tindakan perbaikan komponen