



**PERANCANGAN PENJADWALAN DAN *MAINTENANCE TASK* PADA
BOILER DENGAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE***

SKRIPSI

Oleh

RIZAL ABDUL HAMID

NIM 141910101040

JURUSAN TEKNIK MESIN STRATA SATU

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

JEMBER

2019



**PERANCANGAN PENJADWALAN DAN *MAINTENANCE TASK* PADA
BOILER DENGAN METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE***

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

RIZAL ABDUL HAMID

NIM 141910101040

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Heru Subiyanto dan Ibu Ririn Hartini tercinta;
2. Adik saya Wanda Azizah dan seluruh keluarga besar saya tercinta;
3. Dosen pembimbing saya Bapak Hari Arbiantara Basuki, S.T.,M.T. dan Bapak Santoso Mulyadi, S.T.,M.T. ;
4. Dosen penguji saya Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T. dan Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. ;
5. Saudaraku Teknik Mesin Universitas Jember yang tanpa henti memberi motivasi setiap pertemuannya;
6. Keluarga besar KKIR ALPHABET Angkatan 11 dan saudaraku KKN 93 yang selalu memberi semangat menyelesaikan skripsi ini;
7. Jakfat Maulid Ghaffar dan keluarga yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini;
8. Staf Pabrik Gula Gending yang telah memberikan ijin untuk melakukan penelitian skripsi ini;
9. Wildan Hilmy, Ryan Dwi Lesmana, Atika Dyah Wulandari dan Ambar Sukma Sekarina sebagai teman, sahabat dan keluarga yang selalu memotivasi, membimbing dan menemani disaat sulit;
10. Guru-guru saya sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi;
11. Seluruh dosen, staff pengajar dan administrasi Fakultas Teknik Universitas Jember yang membantu dalam menyelesaikan studi S1;
12. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap”

(Q.S. Al-Insyirah : 6-8)

“If you’re to succeed at any endeavor, the first and important person you must convince yourself. Success comes not from merely a belief that you can do it.

Success comes when you absolutely know you can achieve it.”

(Ralph Marston)

“Tidak ada yang instan, masak mie saja harus dimasak untuk dimakan.”

(Jess No Limit)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizal Abdul Hamid

NIM : 141910101040

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Perancangan Penjadwalan dan Maintenance Task pada Boiler dengan Metode Reliability Centered Maintenance” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 21 Desember 2018

Yang menyatakan,

Rizal Abdul Hamid

NIM 141910101040

SKRIPSI

**Perancangan Penjadwalan dan Maintenance Task pada Boiler dengan
Metode Reliability Centered Maintenance**

Oleh

Rizal Abdul Hamid

NIM 141910101040

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Hari Arbiantara Basuki, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Santoso Mulyadi, S.T., M.T.



RINGKASAN

Perancangan Penjadwalan dan Maintenance Task pada Boiler dengan Metode Reliability Centered Maintenance; Rizal Abdul Hamid, 141910101040; 2018; 61 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Latar belakang penelitian ini adalah mencegah terjadinya kerusakan pada ketel uap atau *boiler* secara mendadak. Ketel uap di Pabrik Gula Gending merupakan salah satu alat vital dalam proses produksi. Uap hasil dari ketel digunakan untuk menggerakkan stasiun penggilingan. Ketika kerusakan atau kegagalan terjadi secara mendadak maka dapat menghentikan proses produksi. Kondisi ini dapat diatasi dengan sebuah konsep perawatan yang berfokus pada tindakan pencegahan atau yang sering dikenal dengan *Preventive Maintenance* (PM).

Tindakan perawatan preventif atau *Preventive Maintenance* dapat ditemukan dalam suatu metode perawatan yang dinamakan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). RCM merupakan sistematis proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilaksanakan untuk memastikan setiap fasilitas dapat terus menjalankan fungsinya. Menurut Moubray (1997), metode RCM merupakan metode yang tepat karena dapat menentukan apa yang seharusnya dilakukan untuk menjamin suatu sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan oleh pengguna. Selain itu, RCM juga berfokus pada *Preventive Maintenance* dalam menjalankan tugasnya.

RCM sudah diaplikasikan pada beberapa permasalahan yang terjadi. Pada ketel uap misalnya, penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Taufik dkk. 2013, berhasil menghitung keandalan ketel dan membandingkan keandalan sebelum dan sesudah dilakukan PM dengan menggunakan aplikasi Weibull ++6. Penelitian yang dilakukan oleh Jainuri, 2014, berhasil menghitung komponen-komponen kritis yang kerap kali menyebabkan kegagalan pada ketel. Dan dengan menyusun

Logic Tree Analisis (LTA) juga berhasil menentukan jenis tindakan perawatan yang tepat untuk mengatasi kegagalan pada komponen kritis. Penelitian Hamim Rachman dkk. 2017, mampu menemukan komponen kritis dengan metode *Failure Mode And Effect Analisis* (FMEA). Selain itu peneliti juga mampu menghitung interval perawatan dan menentukan jenis tindakan perawatannya.

Pada penelitian ini dilakukan dua tahap, tahap pertama menghitung interval perawatan. Interval perawatan diperoleh dengan menghitung *Time To Failure* (TTF) ketel atau di Pabrik Gula Gending istilah ini lebih dikenal dengan data jam berhenti. Data jam berhenti ketel yang digunakan yaitu dari tahun 2013 hingga tahun 2017. Data jam berhenti ini kemudian diinputkan kedalam aplikasi bernama Minitab versi 18. Data diinputkan untuk menentukan distribusi laju kerusakan yang tepat. Setelah ditemukan distribusi yang akan digunakan (distribusi Weibull), maka tahap selanjutnya adalah mencari parameter dari distribusi tersebut. Parameter dari distribusi Weibull yaitu parameter bentuk = 0,674059 dan parameter skala = 45,9863. Kemudian parameter ini digunakan untuk menghitung keandalan sebelum dan sesudah dilakukan PM. Hasil dari perhitungan interval perawatan yaitu diperoleh interval perawatan terbaik dilakukan setiap 15 hari sekali.

Tahap selanjutnya adalah menentukan jenis tindakan perawatan yang tepat.

Jenis tindakan diperoleh melalui 6 tahap proses RCM, yaitu *system boundary*, *system description and functional block diagram*, *function and functional failure*, FMEA, RCM *information worksheet*, RCM *decisision worksheet*. Dari tahap ini diperoleh bahwa jenis tindakan yang harus dilakukan di Pabrik Gula Gending yaitu *on condition task*, *restoration task* dan *discard task*. Merujuk pada buku karangan B.S. Dhillon yang berjudul *Engineering Maintenance*, maka tindakan *on condition* dikelompokkan dalam tindakan *inspection*, *servicing* dan *testing*. Tindakan *restoration* dan *discard* dikelompokkan dalam tindakan *alignment*, *adjustment* dan *installation*. Di Pabrik Gula Gending terdapat 2 periode, periode dalam masa giling dan luar masa giling. Jadi, pada saat dalam masa giling

tindakan perawatan yaitu *on condition*, pada saat luar masa giling tindakan perawatan yaitu *discard task* dan *restoration task*.



SUMMARY

Designing Schedule and Maintenance Task in Boiler with Reliability Centered Maintenance Method; Rizal Abdul Hamid, 141910101040; 2018; 61 pages; Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Jember.

The background of this research is to prevent the occurrence of damage to the boiler suddenly. The steam boiler at Gending Sugar Factory is one of the vital tools in the production process. Steam results from the boiler are used to drive the milling station. When damage or failure occurs suddenly it can stop the production process. This condition can be overcome by a treatment concept that focuses on preventive measures or often known as Preventive Maintenance (PM).

Preventive Maintenance measures can be found in a maintenance method called Reliability Centered Maintenance (RCM). RCM is a systematic process used to determine what must be done to ensure each facility can continue to carry out its functions. According to Moubray (1997), the RCM method is the right method because it can determine what should be done to ensure a system can run properly according to the functions desired by the user. In addition, RCM also focuses on Preventive Maintenance in carrying out its duties.

RCM has been applied to several problems that occur. On steam boiler for example, research conducted by Ahmad Taufik et al. 2013, succeeded in calculating boiler reliability and comparing reliability before and after PM was done using the Weibull ++ 6 application. Research conducted by Jainuri, 2014, succeeded in calculating critical components that often cause failures on boiler. And by compiling a Logic Tree Analysis (LTA) it also has the ability to determine the type of appropriate maintenance measures to overcome failure in critical components. Research by Hamim Rachman et al. 2017, able to find critical components using the Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) method. In

addition, researchers are also able to calculate maintenance intervals and determine the type of treatment measures.

In this research, two stages were carried out, the first step was to calculate the maintenance interval. The maintenance interval is obtained by calculating the Time To Failure (TTF) of the boiler or in the Gending Sugar Factory, the term better known as stop hour data. The boiler stop hour data used is from 2013 to 2017. The stop hour data is imputed to an application called Minitab version 18. Data is imputed to determine the exact failure rate distribution. After finding the distribution that will be used (Weibull distribution), then the next step is to find the parameters of the distribution. The parameter of the Weibull distribution are shape parameter = 0.674059 and scale parameter = 45.9863. Then this parameter is used to calculate reliability before and after PM. The results of the calculation of the maintenance interval are obtained by the best maintenance interval every 15 days.

The next step is to determine the right type of treatment. This type of task is obtained through 6 stages of the RCM process, namely the boundary system, description and functional system block diagram, function and functional failure, FMEA, RCM information worksheet, RCM decision worksheet. From this stage it is found that the types of task that must be performed in Sugar Gending Factory are on condition task, restoration task and discard task. Refer to the B.S. book. Dhillon, entitled Engineering Maintenance, then on condition task are grouped in the task of inspection, servicing and testing. Restoration and discard task are grouped in alignment, adjustment and installation task. In the Gending Sugar Factory there are 2 periods, the period in the milling period and outside the milling period. So, during the milling period the maintenance task is on condition, during the milling period of the maintenance task are discard task and restoration task.

PRAKATA

Puji syukur kepada Allah SWT, atas segala nikmat hidup dan kesempatan menggenggam ilmu, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perancangan Penjadwalan dan Maintenance Task pada Boiler dengan Metode Reliability Centered Maintenance”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk mencapai derajat sarjana teknik. Dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini, penulis banyak dibantu, dibimbing dan didukung oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak Heru Subiyanto dan Ibu Ririn Hartini tercinta, terima kasih atas segala dukungan yang diberikan sehingga saya dapat menyelesaikan studi S1;
2. Bapak Hari Arbiantara Basuki, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Santoso Mulyadi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing anggota yang selalu memberikan ide, saran dan meluangkan waktu untuk membimbing saya selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini ;
3. Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T. selaku dosen penguji I, dan Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku dosen penguji II yang memberikan saran dan kritik yang bersifat membangun untuk penyusunan skripsi ini ;
4. Pabrik Gula Gending yang telah mengijinkan saya untuk melakukan penelitian skripsi dan diberi ijin untuk mengambil data pabrik ;
5. Seluruh staff dan karyawan Pabrik Gula Gending yang membantu dan membimbing selama di Pabrik ;
6. Adikku dan seluruh keluarga besar saya yang selalu memberikan dukungan kepada saya agar selalu maju ;
7. Saudaraku Teknik Mesin Universitas Jember yang tanpa henti memberi motivasi setiap pertemuannya ;

8. Jakfat Maulid Ghaffar dan keluarga yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini ;
9. Guru-guru saya sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat dunia dan akhirat ;
10. Seluruh dosen, staff pengajar dan administrasi Fakultas Teknik Universitas Jember yang membantu dalam menyelesaikan studi S1;
11. Semua pihak yang telah membantu proses penelitian dan penyusunan skripsi ini dari awal hingga ahir ;

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena sempurna hanya milik Allah SWT. Penulis berharap isi dari skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Jember, 21 Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
MOTO	iii
PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR GRAFIK	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.3.1 Tujuan Penelitian.....	3
1.3.2 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Boiler atau Ketel Uap di Pabrik Gula Gending.....	5
2.1.1 Mekanisme Kerja Ketel di Pabrik Gula Gending.....	7
2.1.2 Jenis-Jenis Ketel Uap	8
2.2 Maintenance	10
2.2.1 Macam-Macam Maintenance	10

2.3 Preventive Maintenance	11
2.4 Reliability	12
2.4.1 Keandalan dengan <i>Preventive Maintenance</i>	12
2.5 Reliability Centered Maintenance	13
2.5.1 Tujuan <i>Reliability Centered Maintenance</i>	14
2.5.2 Data yang dibutuhkan dalam Menyusun <i>Reliability Centered Maintenance</i>	14
2.5.3 Tahapan <i>Reliability Centered Maintenance</i>	15
2.6 Laju Kegagalan	21
2.6.1 Distribusi Weibull	22
2.6.2 Distribusi Lognormal	24
2.6.3 Distribusi Normal	25
2.6.4 Distribusi Eksponensial	26
2.7 Maintainability	27
2.8 Availability	27
2.9 Penelitian-Penelitian Sebelumnya	28
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat	29
3.2 Alat dan Bahan	29
3.2.1 Alat	29
3.2.2 Bahan	29
3.3 Pengumpulan Data	29
3.4 Flow Chart	30
3.5 Prosedur Penelitian	32
3.5.1 Tahap Persiapan	32
3.5.2 Tahap Penelitian.....	32
3.6 Jadwal Kegiatan Penelitian	33
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Proses Maintenance di Pabrik Gula Gending	34
4.2 Proses Perhitungan Interval Perawatan	35
4.2.1 Pengelompokan Data.....	35

4.2.2 Menentukan Distribusi	36
4.2.3 Menentukan Parameter Distribusi	38
4.2.4 Perhitungan Interval perawatan	38
4.3 Proses Reliability Centered Maintenance	42
4.3.1 System Boundary Definition	42
4.3.2 System Description and Functional Block Diagram	44
4.3.3 Function and Functional Failure	46
4.3.4 Failure Mode and Effect Analisis (FMEA)	46
4.3.5 RCM Information Worksheet	46
4.3.6 RCM Decision Worksheet	50
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

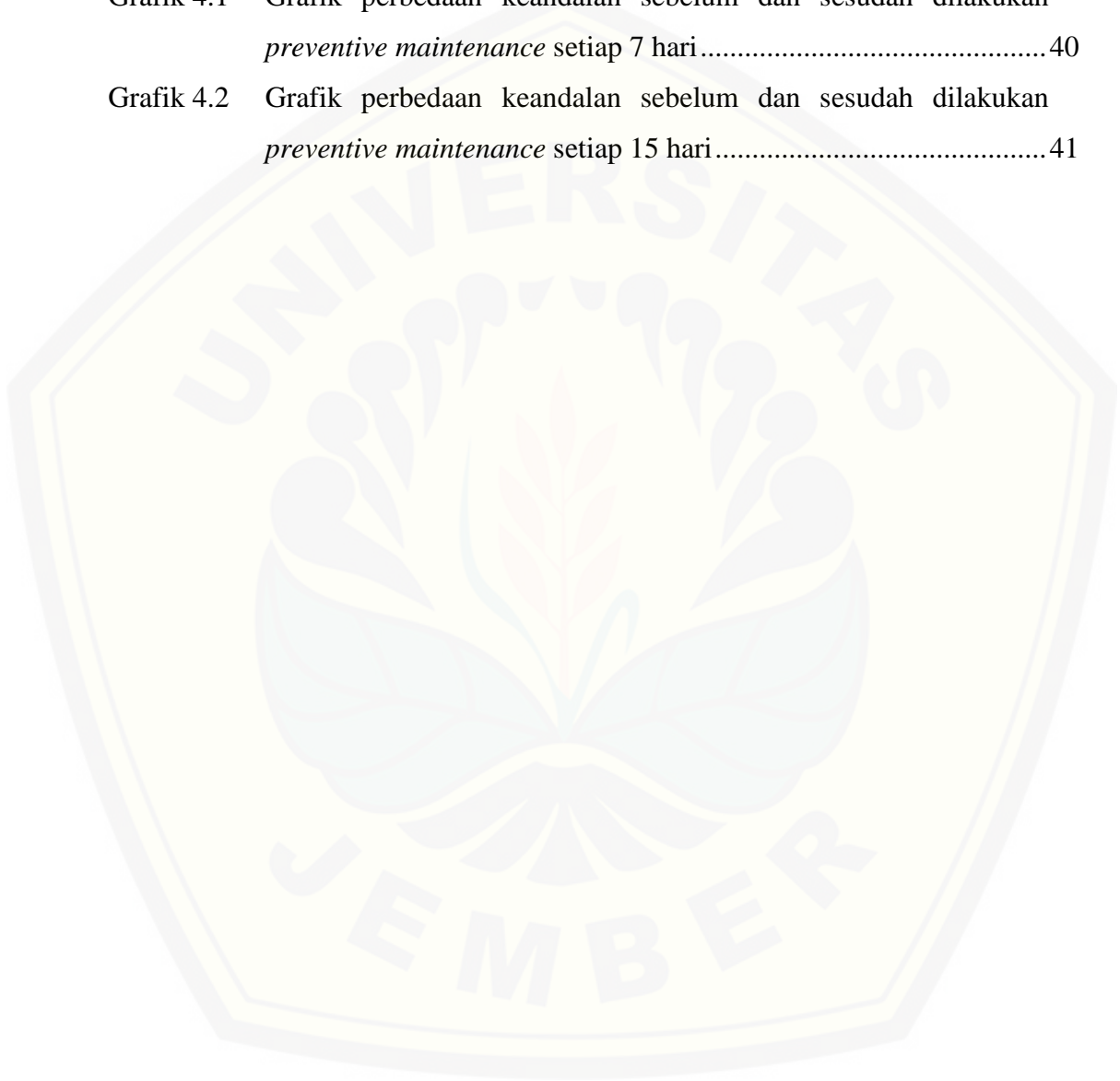
	Halaman
Tabel 2.1 Perubahan nilai parameter bentuk distribusi Weibull	24
Tabel 3.1 Jadwal kegiatan penelitian	33
Tabel 4.1 Jam berhenti ketel uap tahun 2013 sampai dengan 2017.....	35
Tabel 4.2 Reliability ketel dengan PM 7 hari atau 168 jam.....	39
Tabel 4.3 Reliability ketel dengan PM 15 hari atau 360 jam.....	41
Tabel 4.4 Komponen kritis boiler CCB	44
Tabel 4.5 Tabel RCM information worksheet komponen pompa daerator	47
Tabel 4.6 Tabel RCM information worksheet komponen tangki daerator	47
Tabel 4.7 Tabel RCM information worksheet komponen FWP	47
Tabel 4.8 Tabel RCM information worksheet komponen pipa ketel.....	48
Tabel 4.9 Tabel RCM information worksheet komponen super heater	48
Tabel 4.10 Tabel RCM information worksheet komponen IDF	48
Tabel 4.11 Tabel RCM information worksheet komponen FDF	49
Tabel 4.12 Tabel RCM information worksheet komponen SDF	49
Tabel 4.13 Tabel RCM information worksheet komponen wet dust collector	50
Tabel 4.14 Tabel form RCM decision worksheet komponen pompa daerator	55
Tabel 4.15 Tabel form RCM decision worksheet komponen tangka daerator	55
Tabel 4.16 Tabel form RCM decision worksheet komponen FWP.....	56
Tabel 4.17 Tabel form RCM decision worksheet komponen pipa ketel.....	56
Tabel 4.18 Tabel form RCM decision worksheet komponen super heater.....	57
Tabel 4.19 Tabel form RCM decision worksheet komponen IDF.....	57
Tabel 4.20 Tabel form RCM decision worksheet komponen FDF.....	58
Tabel 4.21 Tabel form RCM decision worksheet komponen SDF.....	58
Tabel 4.22 Tabel form RCM decision worksheet komponen wet dust collector	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Alur proses produksi di Pabrik Gula Gending.....	6
Gambar 2.2 Skema kerja ketel uap	7
Gambar 2.3 Ketel pipa air	9
Gambar 2.4 Ketel pipa api	9
Gambar 2.5 Elemen dari Preventive Maintenance.....	11
Gambar 2.6 <i>Form functional and functional failure</i>	16
Gambar 2.7 <i>Form Failure mode and Effect Analisis</i>	17
Gambar 2.8 <i>Form RCM information worksheet</i>	19
Gambar 2.9 <i>Form RCM decision worksheet</i>	21
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	31
Gambar 4.1 Input data jam berhenti.....	36
Gambar 4.2 Diagram masing-masing distribusi.....	37
Gambar 4.3 Analisa parameter distribusi.....	38
Gambar 4.4 Alur fungsi ketel.....	43
Gambar 4.5 Functional block diagram ketel CCB	45
Gambar 4.6 Skema cara mengisi form decision worksheet	51
Gambar 4.7 Lanjutan Skema cara mengisi form decision worksheet.....	52

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4.1 Grafik perbedaan keandalan sebelum dan sesudah dilakukan <i>preventive maintenance</i> setiap 7 hari.....	40
Grafik 4.2 Grafik perbedaan keandalan sebelum dan sesudah dilakukan <i>preventive maintenance</i> setiap 15 hari.....	41



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pabrik gula mengalami perkembangan yang sangat pesat. Perkembangan ini ditandai dengan semakin banyaknya jumlah pabrik yang berdiri. Di Jawa Timur, pabrik gula yang dibawah oleh PT Perkebunan Nusantara (PTPN) 11 berjumlah 17 pabrik. Mulai dengan Pabrik Gula Soedhono, Redjosari Pagottan Kanigoro, Kedawung, Wonolangan, Gendhing, Padjarakan, Semboro, Purwodadi, De Mass, Wringin Anom, Olean, Pandji, Dan Asembagoes. Dengan banyaknya jumlah pabrik yang berdiri, tidak bisa dipungkiri persaingan antar pabrik juga akan meningkat.

Solusi untuk memenangkan persaingan adalah dengan memaksimalkan produksi gula tanpa mengurangi mutu. Di Pabrik Gula Gending, selama 5 tahun terakhir selalu mengalami peningkatan jumlah produksi. Produksi selama 24 jam sehari mulai dari awal masa giling hingga akhir masa giling (6 bulan masa giling) menjadi langkah yang tepat untuk memenuhi target perusahaan. Namun, pasti ada akibat yang akan ditimbulkan jika dipaksakan terus menerus. Menurunnya keandalan mesin produksi dan perangkat penunjang lainnya menjadi masalah besar yang akan dihadapi.

Pada *boiler*/ketel uap penggerak mesin produksi misalnya, sebagai alat vital dalam lingkungan pabrik, ketel uap sangat diharapkan performanya dan keandalannya. Sedikit saja terjadi kerusakan atau kegagalan pada satu komponen, misal komponen perpipaan ketel pecah karena gula yang mengendap atau bengkaknya pipa karena *over heating*, efeknya akan berdampak pada pipa-pipa lain karena setiap pipa yang terhubung dengan ketel memiliki tekanan yang tinggi. Ketika perpipaan ketel terjadi kerusakan dan kegagalan, ketel uap akan berhenti operasi dan kegiatan proses produksi atau proses penggilingan di pabrik gula juga akan berhenti. Proses penggilingan yang berhenti dapat meningkatkan waktu *downtime* dan mengurangi target produksi yang sudah ditetapkan.

Downtime didefinisikan sebagai waktu suatu sistem/komponen tidak dapat digunakan (tidak berada dalam kondisi yang baik) sehingga membuat fungsi sistem tidak berjalan (Gaspersz, 1992). Permasalahan *downtime* sering terjadi disebabkan oleh langkah perawatan (*maintenance*) yang kurang tepat. Di Pabrik Gula Gending, sistem perawatan dan perbaikan dilakukan pada Luar Masa Giling (LMG). Dalam satu tahun, penggilingan tebu dilakukan setiap 6 bulan dan 6 bulan sisanya dilakukan kegiatan perawatan *corrective maintenance*. Namun, selama 6 bulan Dalam Masa Giling (DMG) tidak dilakukan langkah perawatan. Artinya, selama 6 bulan dalam masa giling, jika terjadi kerusakan tindakan *maintenance* berupa *breakdown maintenance* dan beberapa mesin dengan *preventive maintenance*.

Solusi pemilihan *maintenance* yang tepat adalah metode *maintenance* yang mengacu pada *preventive maintenance* dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM). *Preventive Maintenance* (PM) merupakan tindakan perawatan yang dilakukan sebelum terjadinya kerusakan. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan sistematis proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilaksanakan untuk memastikan setiap fasilitas dapat terus menjalankan fungsinya dalam operasionalnya.

Menurut Moubray (1997), metode atau pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) dipilih karena dapat menentukan apa yang seharusnya dilakukan untuk menjamin suatu sistem dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi yang diinginkan oleh pengguna. Selain itu, RCM juga berfokus pada *preventive maintenance* terhadap kegagalan yang sering terjadi.

Penelitian ini akan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang berfokus pada *preventive maintenance*. Pemilihan metode ini diharapkan bisa mengatasi permasalahan keandalan yang terjadi pada *boiler* penggerak mesin-mesin produksi dan dapat menjadi solusi agar kedepan tidak lagi terjadi *breakdown* saat proses produksi berlangsung serta dapat menjaga waktu *downtime* yang sudah ditetapkan pabrik.

Berdasarkan penelitian RCM yang dilakukan pada *boiler*, Akhmad Taufik dkk (2013), berhasil mengevaluasi keandalan pada *Boiler* unit 1 dan 2 *Boiler*

Turbine Generator dengan menggunakan aplikasi Weibull ++6 dan membandingkan nilai keandalan sebelum dan sesudah dilakukan preventive maintenance. Jainuri (2014), membuat rancangan perawatan mesin *boiler* dengan metode RCM dan berhasil menghitung komponen-komponen kritis yang kerap kali menyebabkan *boiler* mengalami masalah *downtime*. Hamim Rachman dkk (2017), mampu memberikan usulan tindakan perawatan dengan proses FMEA serta interval waktu perbaikannya.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas maka dapat dirumuskan masalahnya sebagai berikut :

1. Apa komponen yang menyebabkan kegagalan pada ketel uap ?
2. Bagaimana cara menyusun interval perawatan sesuai dengan metode *Reliability Centered Maintenance* ?
3. Setelah mengetahui waktu penjadwalan yang tepat, bagaimana cara menentukan tindakan perawatan atau *maintenance task* ?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan.
2. Merancang interval perawatan yang tepat pada komponen kritis yang diteliti.
3. Merekomendasikan jenis *maintenance task* pada komponen yang diteliti.

1.3.2. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui komponen apa saja yang memiliki andil besar sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan.
2. Mengetahui kapan waktu yang tepat untuk melakukan perawatan dan penggantian komponen yang kritis.

3. Dapat melakukan tindakan perawatan yang benar sehingga tidak menambah waktu *downtime*.

1.4. Batasan Masalah

Penelitian yang dilakukan ini memiliki batasan yang diterapkan oleh peneliti dengan tujuan agar penelitian yang dilakukan fokus pada tujuan yang akan dicapai dan menjawab permasalahan penelitian. Adapun batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kegiatan perawatan berupa cara perbaikan dan penggantian komponen. Cara pembongkaran dan pemasangan peralatan tidak dibahas dalam penelitian ini.
2. Data kerusakan yang diteliti dan dianalisa adalah data perusahaan dalam 5 tahun.
3. Penelitian ini berdasarkan data pabrik dan berfokus pada komponen yang memiliki tingkat penyebab kegagalan tertinggi
4. Suku cadang mesin diasumsikan tersedia saat diperlukan baik dalam keadaan operasi normal dan darurat.
5. Penelitian ini tidak menghitung dari sisi aspek biaya.

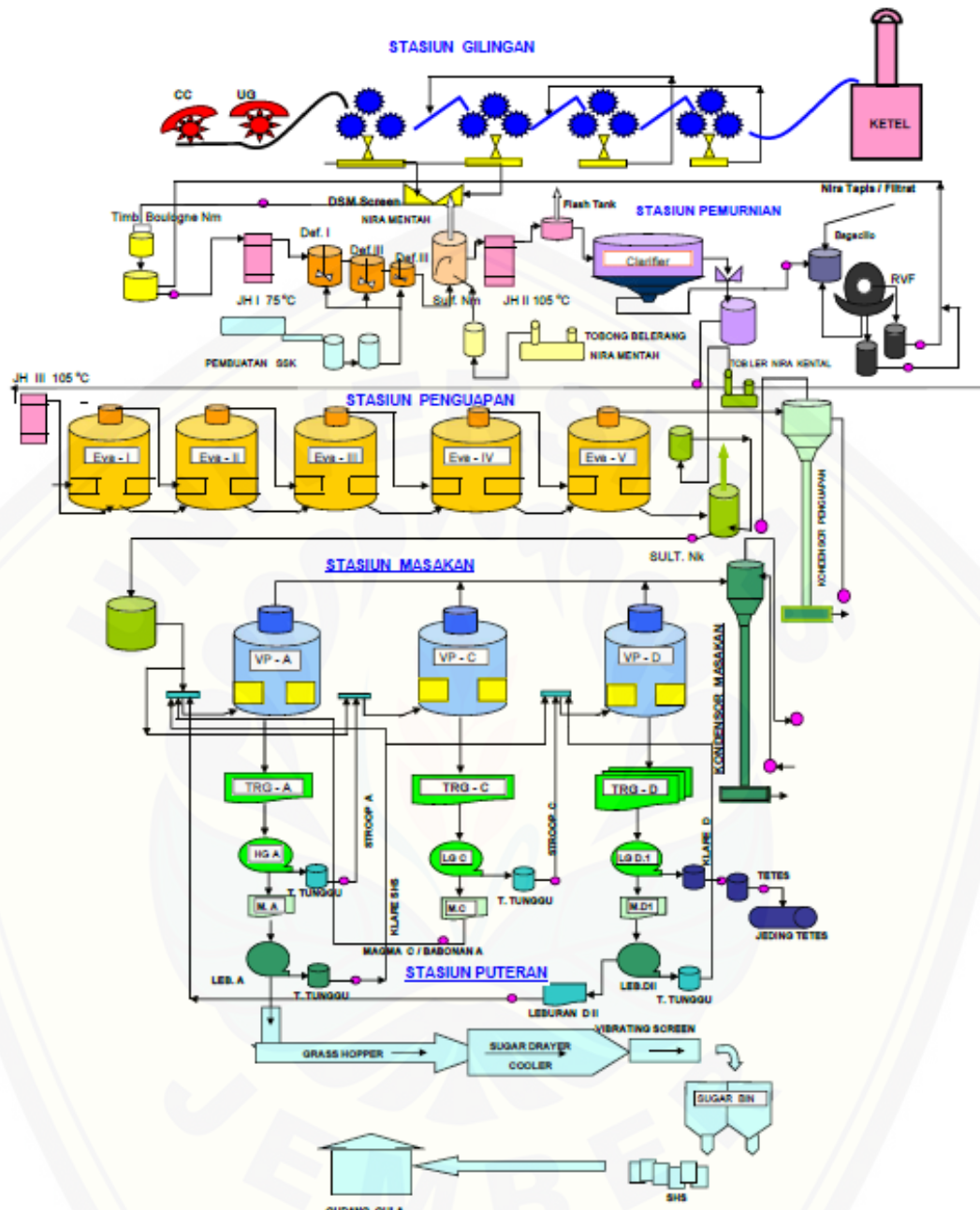
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Boiler atau Ketel Uap di Pabrik Gula Gending

Pabrik Gula Gending merupakan salah satu unit kerja dari PT. Perkebunan Nusantara 11. Pabrik Gula Gending terdapat 5 stasiun di dalamnya, yaitu stasiun gilingan, stasiun pemurnian, stasiun penguapan, stasiun masakan dan stasiun puteran. Energi utama penggerak semua stasiun di kerjakan oleh *boiler* atau ketel uap. Jumlah ketel di Pabrik Gula Gending ada dua.

Ketel uap secara garis besar merupakan alat yang fungsinya sebagai penghasil uap air. uap air ini nantinya digunakan sebagai pemanasan atau sebagai tenaga gerak. Bahan bakar dari ketel uap ada berbagai jenis. Ketel uap di Pabrik Gula Gending menggunakan ampas tebu sebagai bahan bakar utama. Selain menggunakan ampas tebu, Pabrik Gula Gending juga menggunakan serbuk kayu jika ampas tebu yang menjadi bahan bakar utama habis.

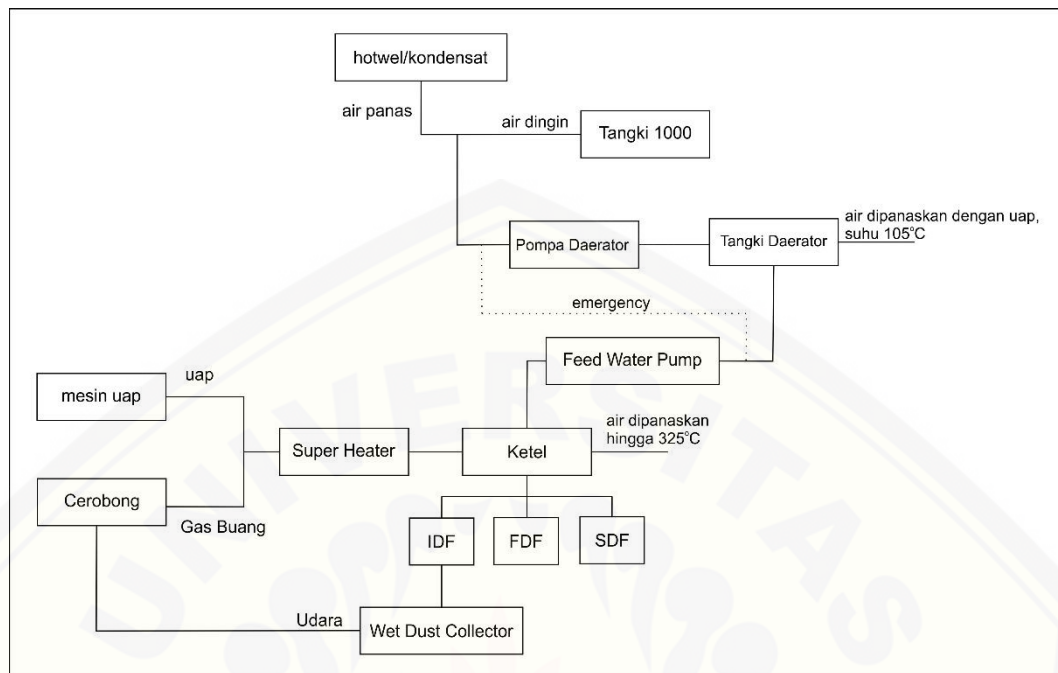
Seperti yang dijelaskan sebelumnya, ketel uap di Pabrik Gula Gending ada dua, ketel *Jhon Tompshon Australia* (JTA) dan ketel *Cheng Cen Boiler* (CCB). Masing-masing ketel uap memiliki spesifikasi. (terlampir)



Gambar 2.1 alur proses produksi di Pabrik Gula Gending

Ketel JTA berguna untuk menggerakkan turbin dan generator, sedangkan ketel CCB seperti pada gambar di atas berguna untuk menggerakkan stasiun gilingan. Jadi ketel CCB memiliki peran besar dalam proses produksi karena proses produksi akan berhenti ketika terjadi kegagalan pada ketel.

2.1.1 Mekanisme Kerja Ketel Uap di Pabrik Gula Gending



Gambar 2.2 Skema kerja ketel uap

Secara garis besar, sistem kerja dari ketel di Pabrik Gula Gending seperti pada gambar skema di atas. Air dalam ketel berasal dari 2 sumber yang berbeda, air panas dan air dingin. Air dingin diperoleh dari sumur bor milik Pabrik Gula Gending yang disimpan dalam tangki 1000. Sedangkan air panas diperoleh dari *hotwel* atau kondensat. Manfaat air panas ini agar kerja awal dari ketel tidak berat. Air dingin dan air panas kemudian ditarik oleh pompa daerator agar air menuju ke dalam tangki daerator. Di dalam tangki daerator terjadi pemanasan karena penyemprotan air dengan uap panas. Tujuan dari penyemprotan ini untuk menghilangkan kadar O_2 dan material lain dalam air sehingga nantinya air pengisi ketel benar-benar steril. Hal ini sangat penting untuk menghindari korosi pada pipa ketel dan pH yang rendah pada air ketel. Suhu air di dalam tangki daerator mencapai 105°C dan kemudian air tersebut ditarik oleh pompa *Feed Water Pump* (FWP) lalu diarahkan ke dalam ketel. Dalam keadaan darurat, ketika terjadi kegagalan pada pompa daerator maka air dapat di *by pass* langsung menuju FWP.

Air di dalam ketel dipanaskan dengan pembakaran dalam ruang tungku hingga mencapai temperatur 325°C . Pembakaran ini menggunakan bahan bakar

ampas dari hasil sisa penggilingan. Apabila bahan bakar tidak mencukupi, maka alternatifnya menggunakan butiran sisa pemotongan kayu. Untuk membantu proses pembakaran agar optimal, pembakaran dibantu dengan komponen tambahan bernama *In Dust Fan* (IDF), *Force Dust Fan* (FDF), *Secondary Dust Fan* (SDF) dan *WetDust Collector*. IDF berguna untuk menarik udara panas dari dalam ruang pembakaran menuju *Wet Dust Collector*. FDF berguna untuk hembusan udara di daerah tungku. Udara ini didapat dari udara luar tungku dan ditarik ke dalam tungku. SDF berguna untuk menghembuskan udara dan mendorong ampas masuk ke dalam tungku. *Wet Dust Collector* berguna untuk menampung abu yang akan keluar ke cerobong. Di dalam *Wet Dust Collector*, abu dan udara panas dari IDF tidak langsung dibuang melalui cerobong, melainkan dilakukan pemisahan terlebih dahulu. Udara dan abu disemprot dengan air dengan tujuan agar debu jatuh dan tertampung di dalam *Wet Dust Collector*. Udara sisa dari *Wet Dust Collector* dibuang melalui cerobong.

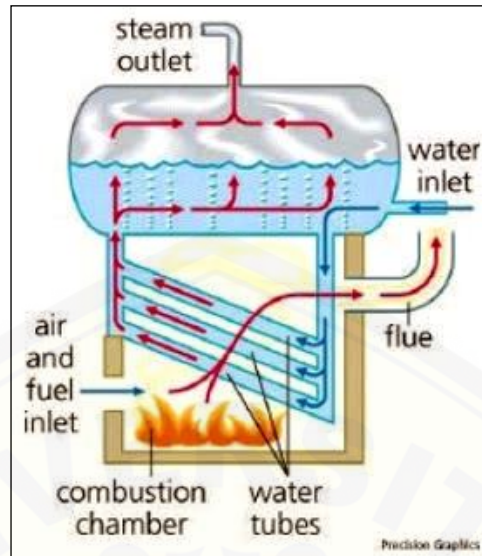
Keluaran dari pipa ketel dengan temperature 325°C bukan lagi berbentuk air, namun berupa uap basah. Uap basah perlu dikonversikan ke uap kering agar bisa digunakan. Untuk mendapatkan uap kering, uap basah harus diarahkan ke dalam super heater dan disitulah terjadi pengeringan uap basah. Pada proses ahir, gas buang atau uap yang tidak terpakai akan diteruskan ke cerobong dan uap siap pakai akan digunakan sesuai fungsinya.

2.1.2 Jenis-Jenis Ketel Uap

Boiler ditinjau dari tipe pipanya, dibagi menjadi dua jenis antarlain.

a. *Water Tube Boiler*

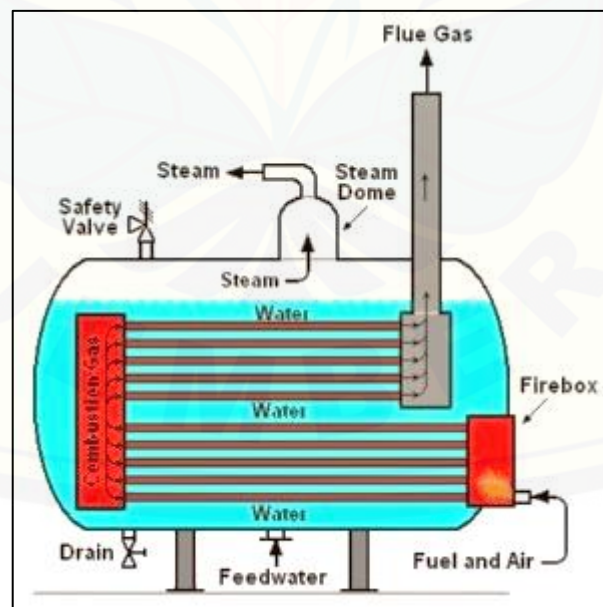
Water tube boiler atau ketel pipa air secara garis besar prinsip kerjanya yaitu proses pemanasan dilakukan pada pipa dimana pipa tersebut dialiri air. Panas dari luar pipa akan diserap oleh air kemudian panas yang dibawa air diolah sedemikian rupa sehingga menghasilkan uap.



Gambar 2.3 Ketel pipa air

b. *Fire Tube Boiler*

Fire tube boiler atau ketel pipa api secara garis besar prinsip kerjanya hampir sama dengan ketel pipa air. Perbedaannya, pada ketel pipa api, pemanasan dilakukan di dalam pipa dan air berada diluar pipa.



Gambar 2.4 Ketel pipa api

2.2 Maintenance

Maintenance atau perawatan secara umum merupakan suatu tindakan untuk melakukan perawatan pada suatu sistem dan komponen sehingga dapat berjalan dengan baik. Tindakan perawatan memiliki tujuan dalam pelaksanaan tugasnya, berikut tujuan dilakukannya perawatan (Corder, 1988).

- a. Memperpanjang penggunaan aset (yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja, bangunan dan isinya).
- b. Menjaga tingkat ketersediaan yang optimal pada sistem dan komponen yang digunakan, dalam hal mendapat laba investasi yang maksimal.
- c. Menjamin kesiapan operasional dari sistem dan komponen jika diperlukan dalam kondisi yang darurat.
- d. Menjamin keselamatan dan kesehatan pengguna yang menggunakan sistem atau operator dalam melaksanakan kerjanya.

2.2.1 Macam-Macam Maintenance

Perawatan secara umum dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, walaupun beberapa ahli mampu mengklasifikasikan macam-macam perawatan hingga enam jenis. Berikut klasifikasi umum dari perawatan.

a. *Corrective Maintenance*

Corrective maintenance merupakan suatu tindakan perawatan yang dilakukan secara terjadwal dan terencana. Perawatan *corrective* berupa pembongkaran, perbaikan dan pemasangan. Tindakan perawatan ini berdasarkan tingkat kelayakan waktu operasi. Jenis perawatan ini biasa dilakukan di pabrik gula dan pada waktu di luar masa giling.

b. *Preventive Maintenance*

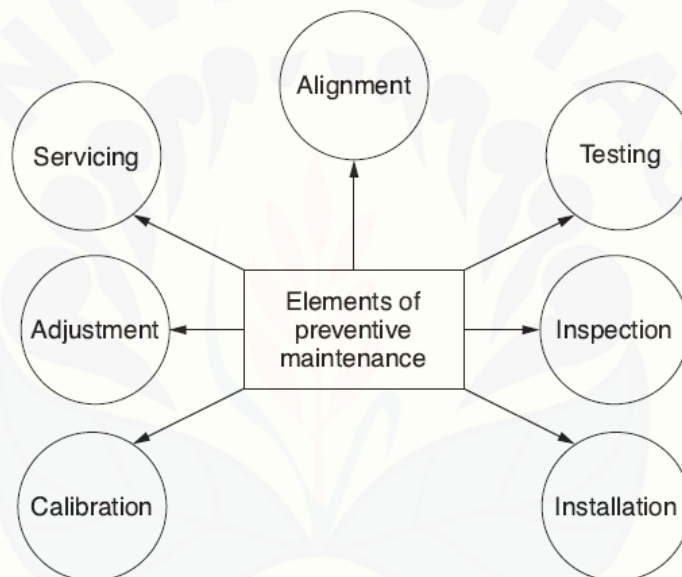
Preventive maintenance atau perawatan pencegahan merupakan tindakan perawatan yang dilakukan sebelum terjadi kegagalan. Perawatan ini dilakukan secara terjadwal. Perawatan ini dilakukan dengan tujuan untuk menjaga keandalan sistem dan komponen agar tetap pada kondisi optimal dan memperpanjang umur pakai dari sistem dan kompoen tersebut. Tindakan perawatan *preventive* berupa pengecekan, pembersihan kotoran, dan pemberian pelumasan.

c. *Breakdown Maintenance*

Breakdown maintenance merupakan tindakan perawatan yang dilakukan tanpa adanya jadwal dan rencana. Jadi jenis perawatan ini dilakukan ketika sistem atau komponen telah terjadi kerusakan. Kerusakan atau kegagalan ini terjadi mendadak saat mesin sedang beroperasi.

2.3 Preventive Maintenance

Preventive maintenance terdapat tujuh elemen di dalamnya. Berikut tujuh elemen tersebut.



Gambar 2.5 Elemen dari *preventive maintenance*

(sumber :*Engineering Maintenance*, B.S. Dhillon, Ph.D.)

- Inspection*: melakukan tindakan inspeksi secara berkala pada komponen pendukung suatu sistem untuk menentukan kemampuan servisnya dengan membandingkan sifat fisik, elektrik, mekanik dan lainnya dengan standar yang diinginkan.
- Servicing*: melakukan tindakan pembersihan, pelumasan, pengisian daya, pemeliharaan dan lainnya, pada komponen pendukung suatu sistem secara berkala untuk mencegah terjadinya kegagalan.

- c. *Calibration*: mengatur akurasi dari komponen atau sistem dengan cara membandingkan dua instrument dimana salah satu instrument telah tersertifikasi akurat.
- d. *Testing*: tindakan pengecekan secara berkala untuk menentukan tingkat servicenya dan mendeteksi komponen yang perlu diganti.
- e. *Alignment*: melakukan perubahan pada komponen tertentu dengan tujuan mencapai tingkat peforma yang optimal.
- f. *Adjustment*: tindakan penyesuaian secara berkala pada komponen tertentu dengan tujuan mencapai tingkat peforma yang optimal.
- g. *Installation*: tindakan penggantian pada komponen dengan umur operasi terendah.

2.4 Reliability

Menurut (Ebeling, 1997) dalam bukunya menjelaskan, “*Reliability is defined to be the probability that a component or system will perform a required function for a given period of time when used under stated operating condition*”. Jadi secara garis besar dapat diartikan bahwa kehandalan merupakan suatu probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem akan melakukan fungsi yang diperlukan dalam jangka waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi tertentu.

Besarnya kehandalan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt \quad (2.1)$$

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t) \quad (2.2)$$

Dimana :

R(t) : *Reliability Function*

F(t) : *Cumulative Distribution Function (CDF)*

f(t) : *Probability Density Function (PDF)*

2.4.1 Keandalan dengan *Preventive Maintenance*

Preventive Maintenance merupakan komponen yang penting dalam kegiatan perawatan. Dengan menggunakan konsep perawatan secara *preventive*, maka

keandalan dari sistem dan komponen akan meningkat. Hal ini disebabkan oleh pengurangan pengaruh dari *wear out* komponen sehingga meningkatkan umur komponen.

Secara matematis keandalan dengan *preventive maintenance* dapat dijabarkan sebagai berikut (E. E. Lewis, 1994).

$$\begin{aligned} Rm(t) &= R(t) & 0 \leq t < T \\ Rm(t) &= R(T)R(t - T) & T \leq t < 2T \\ Rm(t) &= R(T)^2R(t - 2T) & 2T \leq t < 3T \end{aligned}$$

Dimana:

t : waktu

T : interval waktu penggantian kerusakan

R(T) : peluang dari keandalan hingga *preventive maintenance* pertama

R(t-T) : peluang dari keandalan antara waktu t-T setelah sistem dikembalikan dari kondisi awal pada saat T.

Secara umum keandalan dengan *preventive maintenance* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (E. E. Lewis, 1994).

$$\begin{aligned} Rm(t) &= R(T)^n R(t - nT) & nT \leq t < (n + 1)T & \quad (2.3) \\ & & n = 0, 1, 2, \dots & \end{aligned}$$

Dimana:

n : jumlah perawatan

R(T)ⁿ : probabilitas ketahanan sampai dengan *preventive maintenance* ke-n

R(t-nT): probabilitas ketahanan selama jangka waktu t-nT yang telah ditentukan sebelumnya pada kondisi awal.

2.5 RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE

Reliability centered maintenance (RCM) merupakan suatu proses yang sistematis yang digunakan untuk menjamin suatu sistem dan komponen dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsinya. RCM dalam menjalankan tugasnya berfokus pada *preventive maintenance* pada setiap kegagalan yang terjadi.

2.5.1 Tujuan *Reliability Centered Maintenance*

Secara garis besar RCM memiliki tujuan dalam menjalankan fungsinya. Berikut tujuan dari dilakukannya RCM.

- a. Mendesain sebuah rancangan perawatan yang berfokus pada *preventive maintenance*
- b. Meningkatkan efektifitas kinerja mesin sehingga hasil dari proses produksi dan desain produk juga meningkat.
- c. Membentuk sebuah sistem perawatan yang terhubung dan terpusat sehingga dapat mengembalikan kehandalan dari sistem dan komponen ketika terjadi kegagalan.
- d. Menekan ongkos perawatan karena sistem dan komponen berada pada kondisi yang optimal.

Jadi proses dari RCM dapat dikatakan benar dan optimal sebagai metode perawatan sistem dan komponen ketika hasil dari analisa RCM dapat memenuhi tujuan dari RCM itu sendiri. Hasil dari RCM yaitu berupa tindakan perawatan dengan rentang waktu tertentu.

2.5.2 Data yang dibutuhkan dalam Penyusunan *Reliability Centered Maintenance*

Data yang dibutuhkan dalam penyusunan RCM antara lain.

- a. *Data Maintenance Record.*

Suatu data dikatakan *maintenance record* karena di dalamnya terdapat kumpulan data tentang jejak rekam perawatan yang telah dilakukan sebelumnya. *Data maintenance record* yang dibutuhkan yaitu data lamanya komponen dan sistem mengalami kerusakan/*Time To Failure* (TTF) serta data lamanya waktu perbaikan/*Time To Repair* (TTR). Data TTF dan TTR dari pabrik ini kemudian dianalisa dan dihitung sehingga menghasilkan interval perawatan.
- b. Data detail komponen dan alur proses

Data detail komponen dan alur proses merupakan data yang penting kegunaannya dalam penyusunan RCM. Dengan mengetahui detail komponen dan alur proses yang akan diteliti atau dilakukan perawatan, maka dapat diketahui pula hubungan antar komponen dan sistem. Data ini digunakan

dalam penyusunan RCM untuk mencari sebab dan akibat atau *failure mode and effect analysis* dari kerusakan atau kegagalan yang terjadi. Analisa sebab akibat ini menghasilkan rekomendasi jenis tindakan perawatan yang paling tepat.

2.5.3 Tahapan *Reliability Centered Maintenance*

a. *System Boundary Definition*

Definisi batas sistem merupakan tahapan dimana tujuannya untuk mendefinisikan batasan-batasan suatu sistem yang akan dianalisis dengan RCM. Tahapan ini berisi informasi tentang apa yang harus dimasukkan dan apa yang tidak perlu dimasukkan ke dalam sistem sehingga semua fungsi dari masing-masing komponen dapat diketahui dengan jelas.

b. *System Description and Functional Block Diagram (FBD)*

Deskripsi sistem dan blok diagram fungsional merupakan tahap dimana tujuannya untuk memberikan informasi tentang deskripsi beberapa komponen dalam satu kesatuan blok yang saling berhubungan antara komponen satu dengan yang lain sehingga membentuk satu kesatuan fungsi sistem. Isi dari FBD ini antara lain.

1. Deskripsi sistem.

Deskripsi sistem berisi tentang informasi cara kerja subsistem yang berada dalam satu sistem.

2. *Functional block diagram (FBD)*

FBD berisi tentang interaksi antara satu blok dengan blok lainnya dalam satu fungsi sistem.

3. *In and out interface*

Masukan dan keluaran sistem merupakan pengembangan fungsi subsistem sehingga dapat melengkapi fakta dari elemen yang melintasi batas sistem, misalnya panas, fluida, energi.

4. *Sistem work breakdown sistem (SWBS)*

SWBS berisi tentang informasi tambahan untuk subsistem yang menjalankan fungsi tertentu.

c. *Function and Functional Failure*

Function atau fungsi didefinisikan sebagai kemampuan yang dapat dilakukan oleh suatu komponen untuk memenuhi standar yang telah ditentukan. Jadi dengan kata lain, *function* dalam RCM memberikan informasi tentang fungsi dari komponen dalam sistem, bukan peralatan yang ada pada sistem tersebut. Sedangkan *functional failure* atau fungsi kegagalan didefinisikan sebagai ketidakmampuan komponen dan sistem untuk mencapai standar kerja yang ditentukan. Dengan kata lain, *functional failure* dalam RCM memberikan informasi tentang model kegagalan yang terjadi ketika komponen gagal melakukan fungsinya namun masih bisa diterima oleh operator.

Penyusunan *function* and *functional failure* merupakan dasar acuan untuk menyusun *failure mode and effect analysis* pada tahap selanjutnya

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	5 MW Turbine
		SUB-SYSTEM	Exhaust System
	FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	
1	To channel all the hot turbine exhaust gas without restriction to a fixed point 10 metres above the roof of the turbine hall	A	Unable to channel gas at all
		B	Gas flow restricted
		C	Fails to contain the gas
		D	Fails to convey gas to a point 10 m above the roof
2	To reduce exhaust noise levels to ISO Noise Rating 30 at 150 metres	A	Noise level exceeds ISO Noise Rating 30 at 150 metres
3	To ensure that duct surface temperature inside turbine hall does not rise above 60°C	A	Duct surface temperature exceeds 60°C
4	To transmit a warning signal to the control system if exhaust gas temperature exceeds 475°C and a shutdown signal if it exceeds 500°C at a point 4 metres from the turbine	A	Incapable of sending a warning signal if exhaust temperature exceeds 475°C
		B	Incapable of sending a shutdown signal if exhaust temperature exceeds 500°C
5	To allow free movement of ducting in response to temperature changes	A	Does not allow free movement of ducting

Gambar 2.6 Form *functional* and *functional failure*

(sumber: *Reliability centered maintenance II* John Moubray, 1991)

d. *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA)

FMEA merupakan teknik yang digunakan secara luas untuk mencari penyebab dari setiap kegagalan (*failure mode*) dan efek yang ditimbulkan (*failure effect*) jika terjadi kegagalan/failure mode.

	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT
1	Gearbox bearings seize	Motor trips and alarm sounds in control room. 3 hours downtime to replace gearbox with spare. New bearings fitted in workshop
2	Gear teeth stripped	Motor does not trip but machine stops. 3 hours downtime to replace gearbox with spare. New gears fitted in workshop
3	Gearbox seizes due to lack of oiletc	Motor trips and alarm sounds in control room. 3 hours downtime to replace gearbox with spare. Seized gearbox would be scrapped

Gambar 2.7 Form Failure mode and Effect Analisis

(sumber: *Reliability centered maintenance II* John Moubray, 1991)

Failure mode dan *failure effect* disusun berdasarkan pada langkah sebelumnya, yaitu tahap *function* dan *functional failure*. Dengan diketahuinya fungsi dan fungsi kegagalan, maka dapat ditentukan pula penyebab dan efek dari kegagalan yang terjadi.

e. *Failure Consequence*

Failure consequence atau konsekuensi kegagalan merupakan konsekuensi dari setiap kegagalan yang terjadi. Dalam RCM, *failure consequence* dibagi menjadi 4 antara lain.

1. *Hidden Failure Consequence*

Hidden failure consequence merupakan kondisi dimana konsekuensi kegagalan yang terjadi tidak dapat diketahui oleh operator pada saat kondisi normal. Konsekuensi dari kegagalan ini dapat menimbulkan kegagalan berganda.

2. *Safety and environmental consequences*

Safety consequences merupakan konsekuensi yang ditimbulkan dapat membahayakan keselamatan/kesehatan operator dan manusia di sekitarnya. Sedangkan *environmental consequences* merupakan konsekuensi yang ditimbulkan dapat mengganggu dan merusak lingkungan di sekitar.

3. *Operational consequences*

Konsekuensi operasional merupakan kondisi ketika kegagalan dapat mempengaruhi kapasitas operasional proses produksi.

4. *Non-operational consequences*

Konsekuensi kegagalan non-operasional berarti kegagalan yang terjadi tidak menimbulkan konsekuensi keamanan, lingkungan maupun operasional. Konsekuensi yang ditimbulkan dari konsekuensi ini hanya biaya perbaikan.

f. *Proactive Task and Default Action*

Proactive task merupakan tindakan yang dilakukan sebelum terjadinya kegagalan. Tujuan dari *proactive task* untuk mencegah item dan komponen masuk ke kondisi gagal. Dalam RCM, tindakan ini dibagi menjadi 2 yaitu *predictive maintenance* dan *preventive maintenance*. *Predictive maintenance* dikategorikan dalam *scheduled on condition task*. *Preventive maintenance* dikategorikan dalam *scheduled restoration task* dan *scheduled discard task*. Berikut dijelaskan pemahaman dari masing-masing kategori.

1. *Scheduled on-condition task*

Scheduled on-condition task merupakan tindakan pengecekan terhadap komponen yang berpotensi gagal. Tujuan dari *Scheduled on-condition task* ini untuk mencegah *functional failure* atau untuk menghindari konsekuensi dari *functional failure*. Syarat dilakukan tindakan ini yaitu komponen yang akan dilakukan perawatan harus dapat didefinisikan secara jelas bagaimana potensi kegagalannya.

2. *Scheduled restoration task*

Scheduled restoration task merupakan tindakan perawatan berupa remanufacturing single component atau berupa pembongkaran komponen secara keseluruhan, yang dilakukan pada saat atau sebelum batas umur komponen. Tindakan perawatan ini tidak memandang bagaimana kondisi komponen pada saat itu. Tindakan perawatan ini menitikberatkan pada umur komponen yang terdeteksi akan terjadi peningkatan kemungkinan kegagalan.

3. *Scheduled discard task*

Scheduled discard task merupakan tindakan perawatan dimana dilakukan pergantian pada komponen pada saat atau sebelum batas umurnya. Pergantian komponen ini tidak memandang kondisi komponen pada saat itu.

Default task merupakan tindakan perawatan yang dilakukan ketika sistem dan komponen sudah benar-benar gagal dan tidak mungkin untuk dilakukan tindakan *proactive task*. Dalam RCM, tindakan *default task* dibagi menjadi 3 kategori antara lain.

a. *Failure finding*

Failure finding merupakan tindakan yang dilakukan dengan pengecekan terhadap fungsi tersembunyi pada komponen atau mesin. Pengecekan ini dilakukan secara berkala untuk mencegah terjadinya *multiple failure*. Pengecekan ini bertujuan untuk memastikan apakah komponen atau mesin masih bisa berfungsi atau benar-benar telah terjadi kegagalan. Jika komponen atau mesin dipastikan benar-benar gagal atau rusak maka wajib dilakukan penggantian dan *redesign*

b. *Redesign*

Redesign merupakan tindakan untuk mendesain ulang komponen dan prosedur kerja. Tindakan *redesign* juga mencakup tindakan dalam penggantian komponen, penggantian mesin dan penambahan peralatan baru.

c. *No schedule maintenance*

No scheduled maintenance atau sering juga disebut *run to failure* merupakan tindakan tanpa melakukan perawatan atau perbaikan. Dengan kata lain, tindakan ini merupakan kegiatan membiarkan suatu komponen atau sistem gagal dan nantinya akan dilakukan perbaikan setelah gagal. Tindakan ini dilakukan ketika tidak ditemukan pertimbangan tindakan *proactive task* yang efektif.

g. RCM Information Worksheet

RCM information worksheet merupakan form yang berisi informasi tentang *function*, *functional failure*, *failure mode* dan *failure effect*. Tahap *RCM information worksheet* merupakan tahap awal sebelum melangkah pada tahap selanjutnya yaitu *RCM decision worksheet*

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1990 ALADON LTD		SYSTEM <i>Cooling Water Pumping System</i>	
		SUB-SYSTEM	
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	
1 To transfer water from tank X to tank Y at not less than 800 litres/minute	A Unable to transfer any water at all	1 Bearing seized due to normal wear and tear	

Gambar 2.8 Form RCM information worksheet.

(Sumber: *Reliability centered maintenance II* John Moubray, 1991)

h. *RCM Decision Worksheet*

RCM decision worksheet merupakan suatu cara untuk menemukan *maintenance task* yang paling tepat dan efektif. *RCM decision worksheet* berupa form atau kolom yang berisi tentang tahapan yang telah dijelaskan sebelumnya. Pada kolom pertama (*information reference*) berisi *functional (F)*, *functional failure (FF)*, *failure mode (FM)*. Kolom kedua (*consequence evaluation*) berisi *hidden failure consequences (H)*, *safety consequences (S)*, *environmental consequences (E)* dan *operational consequences (O)*. Pada kolom selanjutnya terdapat H1,H2,H3,H4, dan seterusnya, berisi tentang informasi apakah *proactive task* dapat mencegah dan mengantisipasi *failure consequences*, H1 untuk *scheduled on condition task*, H2 untuk *secheduled restoration task* dan H3 untuk *scheduled discard task*. Pada kolom keempat (*default action*) berisi tentang informasi apakah *default action* yang dapat mengatasi kondisi jika terjadi kegagalan. H4 untuk *failure finding*, H5 untuk *redesign* dan S4 untuk *non scheduled maintenance*. Pada kolom kelima *proposed task* berisi tentang informasi kesimpulan *maintenance task* yang tepat berdasarkan analisa yang dilakukan pada kolom-kolom sebelumnya.

RCM II DECISION WORKSHEET © 1990 ALADON LTD		SYSTEM						System N°	Facilitator:	Date	Sheet N°	
		SUB-SYSTEM						Sub-system N°	Auditor:	Date	of	
Information reference	Consequence evaluation			H1 H2 H3 S1 S2 S3 O1 O1 O3 N1 N2 N3			Default action			Proposed task	Initial interval	Can be done by
	F	FF	FM	H	S	E	O	H4	H5			

Gambar 2.9 Form RCM decision worksheet

(Sumber: *Reliability centered maintenance II* John Moubray)

2.6 Laju Kegagalan

Laju kegagalan atau *failure rate* merupakan nilai banyaknya kegagalan yang terjadi per satuan waktu. Jadi, laju kegagalan dapat diartikan sebagai berapa banyak kegagalan yang terjadi selama kurun waktu tertentu. Laju kegagalan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Ebeling, 1997).

$$\lambda = \frac{f}{T} \tag{2.4}$$

$$\lambda = \frac{f(t)}{R(t)} \tag{2.5}$$

Dimana:

λ : Laju kegagalan

f : Banyaknya kegagalan selama waktu operasi

T : Total waktu operasi

R(t) : Keandalan komponen dan sistem

Distribusi laju kegagalan ada 4 jenis, antara lain.

2.6.1 Distribusi Weibull

Distribusi Weibull merupakan distribusi yang paling banyak dan luas penggunaannya pada analisa keandalan. Menurut (Otaya, 2016), Distribusi Weibull digunakan sebagai pendekatan untuk mengetahui karakteristik fungsi kerusakan karena perubahan nilai akan mengakibatkan distribusi Weibull mempunyai sifat tertentu atau ekuivalen dengan distribusi tertentu. Distribusi Weibull telah diakui sebagai model yang tepat dalam studi keandalan dan masalah pengujian kehidupan seperti waktu untuk kegagalan atau panjang umur komponen atau produk. Distribusi Weibull merupakan salah satu model data statistik yang memiliki jangkauan luas dari aplikasi dalam uji hidup dan teori reliabilitas dengan kelebihan utama menyajikan keakuratan kegagalan meskipun dengan sampel yang sangat kecil.

Distribusi Weibull memiliki beberapa parameter, berikut parameter distribusi Weibull dan fungsinya.

- a. θ sebagai parameter skala (*Scale Parameter*), $\theta > 0$, disebut sebagai *Characteristic Life*.
- b. β , sebagai parameter bentuk (*Shape Parameter*), $\beta > 0$, mendeskripsikan bentuk dari *Probability Density Function*.
- c. γ , sebagai parameter lokasi (*Locations Parameter*), parameter ini mempresenstasikan awal periode dari penggunaan alat atau komponen. Jika $\gamma = 0$ maka hanya akan ada 2 parameter pada distribusi ini.

Analisa kegagalan suatu komponen dan sistem yang menggunakan distribusi Weibull persamaannya sebagai berikut (Ebeling, 1997).

- a. PDF dari distribusi Weibull sebagai berikut.

$$f(t) = \frac{\beta}{\theta} \left[\left(\frac{t-\gamma}{\theta} \right)^{\beta-1} \right] \exp \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\theta} \right)^{\beta} \right] \quad (2.6)$$

- b. Fungsi keandalan distribusi Weibull sebagai berikut.

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\theta} \right)^\beta \right] \quad (2.7)$$

c. Laju kegagalan distribusi Weibull sebagai berikut.

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\theta} \left[\frac{t-\gamma}{\theta} \right]^{\beta-1} \quad (2.8)$$

d. Waktu rata-rata kegagalan distribusi Weibull sebagai berikut.

$$MTTF = \gamma + \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (2.9)$$

e. *Maintainability* distribusi Weibull sebagai berikut.

$$M(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t-\gamma}{\theta} \right)^\beta \right] \quad (2.10)$$

Perubahan nilai parameter bentuk (β) sangat berpengaruh terhadap laju kegagalan. Berikut perubahan nilai dari parameter bentuk dalam menunjukkan laju kegagalan.

Tabel 2.1 Perubahan nilai parameter bentuk distribusi Weibull.

Nilai	Laju Kegagalan
$0 < \beta < 1$	Laju kegagalan menurun (<i>decreasing failure rate/DFR</i>)
$\beta = 1$	Laju kegagalan konstan (<i>constant failure rate/CFR</i>) Distribusi eksponensial
$1 < \beta < 2$	Laju kegagalan meningkat (<i>increasing failure rate/IFR</i>) Kurva berbentuk konkaf
$\beta = 2$	Laju kegagalan linier (<i>linier failure rate/LFR</i>) Distribusi reyleigh
$\beta > 2$	Laju kegagalan meningkat (<i>increasing failure rate/IFR</i>) Kurva berbentuk konveks
$3 \leq \beta \leq 4$	Laju kegagalan meningkat (<i>increasing failure rate/IFR</i>) Kurva berbentuk simetris Distribusi normal

2.6.2 Distribusi Lognormal

Suatu probabilitas dapat dikatakan berdistribusi lognormal ketika variabel acak t (waktu kegagalan) logaritma t -nya berdistribusi normal. Distribusi lognormal memiliki karakteristik 2 parameter, parameter bentuk (s) dan parameter lokasi (t_{med}) sebagai median waktu kegagalan. Analisa kegagalan suatu komponen dan sistem yang menggunakan distribusi lognormal persamaannya sebagai berikut (Ebeling, 1997).

- a. Fungsi kerapatan peluang (PDF) distribusi lognormal sebagai berikut.

$$f(t) = \frac{1}{st\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2s^2}\left(\ln\frac{t}{t_{med}}\right)^2\right] \quad (2.11)$$

Rumus atau persamaan alternatif untuk menghitung PDF dari distribusi lognormal yaitu menggunakan rata-rata dan standard deviasi dari logaritma T sebagai parameter distribusi. Berikut persamaannya.

$$f(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2} \right] \quad (2.12)$$

b. Fungsi keandalan distribusi lognormal sebagai berikut.

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt \quad (2.13)$$

$$R(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma} \right)^2 \right] dt \quad (2.14)$$

c. Laju kegagalan distribusi lognormal sebagai berikut.

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.15)$$

d. Waktu rata-rata kegagalan distribusi lognormal sebagai berikut.

$$MTTF = \exp \left(\mu + \frac{\sigma^2}{2} \right) \quad (2.16)$$

e. *Maintainability* distribusi lognormal sebagai berikut.

$$M(t) = \frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(t-\mu)}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.17)$$

2.6.3 Distribusi Normal

Distribusi normal merupakan salah satu jenis distribusi yang paling sering digunakan untuk menjelaskan persebaran data. Distribusi ini juga dapat memodelkan suatu fenomena kelelahan (*fatigue*) dan keausan (*wear out*). Karena ada hubungannya dengan distribusi lognormal, maka distribusi normal ini juga mampu untuk menganalisa probabilitas dari lognormal. Distribusi lognormal memiliki 2 parameter, μ sebagai rata-rata dan σ sebagai standar deviasi dari distribusi. Analisa kegagalan suatu komponen dan sistem yang menggunakan distribusi normal persamaannya sebagai berikut (Ebeling, 1997).

a. Fungsi kerapatan peluang (pdf) dari distribusi normal sebagai berikut.

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad (2.18)$$

b. Fungsi keandalan dari distribusi normal sebagai berikut.

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right) \quad (2.19)$$

c. Laju kegagalan dari distribusi normal sebagai berikut.

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (2.20)$$

d. Waktu rata-rata kegagalan dari distribusi normal sebagai berikut.

$$MTTF = \mu \quad (2.21)$$

e. *Maintainability* dari distribusi normal sebagai berikut.

$$M(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^t \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right] dt \quad (2.22)$$

2.6.4 Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial merupakan salah satu distribusi yang paling umum digunakan dalam teknik keandalan. Distribusi ini digunakan untuk menganalisa sistem dan komponen yang memiliki laju kegagalan yang konstan. Distribusi eksponensial merupakan distribusi yang paling mudah untuk dianalisa secara statistik. Analisa kegagalan yang menggunakan distribusi eksponensial persamaannya sebagai berikut (Ebeling, 1997).

a. Fungsi kerapatan peluang dari distribusi eksponensial sebagai berikut.

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}, t \geq 0, \lambda > 0 \quad (2.23)$$

b. Fungsi keandalan dari distribusi eksponensial sebagai berikut.

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.24)$$

c. Laju kegagalan dari distribusi eksponensial sebagai berikut.

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \lambda \quad (2.25)$$

d. Waktu rata-rata kegagalan dari distribusi eksponensial sebagai berikut.

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (2.26)$$

e. *Maintainability* dari distribusi eksponensial sebagai berikut.

$$M(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t}{MTTR}\right) \quad (2.27)$$

2.7 Maintainability

Maintainability atau keterawatan merupakan suatu probabilitas bahwa kegagalan suatu sistem dan komponen dapat kembali atau diperbaiki menjadi kondisi yang diharapkan dalam periode tertentu sesuai dengan prosedur perawatan yang berlaku (Ebeling, 1997). Secara matematis, *maintainability* dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut (Dhilon, 2002).

$$M(t) = \int_0^t f_R(t) dt \quad (2.28)$$

Dimana:

t : waktu

$f_R(t)$: PDF dari waktu perbaikan (*repair time*)

2.8 Availability

Availability atau ketersediaan merupakan suatu probabilitas bahwa suatu komponen atau sistem sedang melakukan fungsi yang diperlukan pada suatu waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi tertentu. *Availability* berbeda dengan *reliability*, perbedaannya *availability* merupakan probabilitas dari komponen dan sistem saat ini tanpa kerusakan atau kegagalan, meskipun sebelumnya telah terjadi kegagalan dan telah diperbaiki menjadi normal (Ebeling, 1997). Secara umum *availability* dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut.

$$A(i) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2.29)$$

Dimana:

MTBF : waktu rata-rata antar kegagalan (*mean time between failure*)

MTTR : waktu rata-rata perbaikan (*mean time to repair*)

2.9 Penelitian-Penelitian Sebelumnya

Penelitian tentang RCM pada Ketel uap telah dilakukan beberapa peneliti. Berikut penelitian yang telah dilakukan.

1. Penelitian Akhmad Taufik dkk. 2013, evaluasi kenadalan pada boiler unit 1 dan 2 *Boiler Turbine Generator* dengan menggunakan aplikasi Weibull ++6 berhasil menghitung keandalan dari masing-masing ketel dan membandingkan nilai keandalan sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance*. Nilai keandalan boiler unit 1 sebelum dilakukan preventive maintenance sebesar 0,462687737 dan nilai keandalan setelah dilakukan preventive maintenance sebesar 0,788752904. Nilai keandalan boiler unit 2 sebelum dilakukan preventive maintenance sebesar 0,5 dan nilai keandalan setelah dilakukan preventive maintenance sebesar 0,632426437. Dari perbandingan nilai keandalan tersebut, diperoleh peningkatan keandalan yang cukup besar.
2. Penelitian Jainuri, 2014, perancangan perawatan mesin ketel dengan menggunakan metode RCM berhasil menghitung komponen-komponen kritis yang kerap kali menyebabkan kegagalan pada ketel sehingga ketel mengalami masalah meningkatnya waktu *downtime*. Dengan menyusun *Logic Tree Analisis* (LTA) juga berhasil menentukan jenis tindakan perawatan yang tepat untuk mengatasi kegagalan pada komponen kritis. Dengan menganalisa interval perawatan, maka tindakan perawatan dapat dilakukan secara terjadwal yaitu komponen inti *fusible flungs* setiap 38 hari, *bearing* WTP setiap 26 hari, *packing* setiap 35 hari dan *bearing* SB setiap 37 hari.
3. Penelitian Hamim Rachman dkk. 2017, usulan perawatan sistem ketel dengan pendekatan RCM, mampu menemukan komponen-komponen kritis dengan metode FMEA yaitu komponen gland seal steam dan check valve. Selain itu, jenis tindakan perawatan dan interval perawatan juga berhasil dihitung yaitu gland seal steam setiap 37 hari dan check valve setiap 58 hari.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di Pabrik Gula Gending yang berlokasi di Desa Sebaung Kecamatan Gending Kabupaten Probolinggo Jawa Timur. Waktu penelitian ini dilaksanakan dalam jangka waktu 1 bulan yaitu bulan Juli 2018.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Alat tulis
- b. Peralatan *safety*
- c. Laptop

3.2.2 Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Aplikasi Minitab versi 18
- b. Aplikasi Microsoft Excel
- c. Ketel uap Cheng Chen Boiler (CCB)

3.3 Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data adalah cara untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian. Dalam penelitian ini menggunakan beberapa metode pengumpulan data, diantaranya sebagai berikut :

- a. Metode Pengamatan atau Observasi

Metode pengamatan atau observasi merupakan pengamatan langsung pada objek penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan data dan informasi yang akurat.

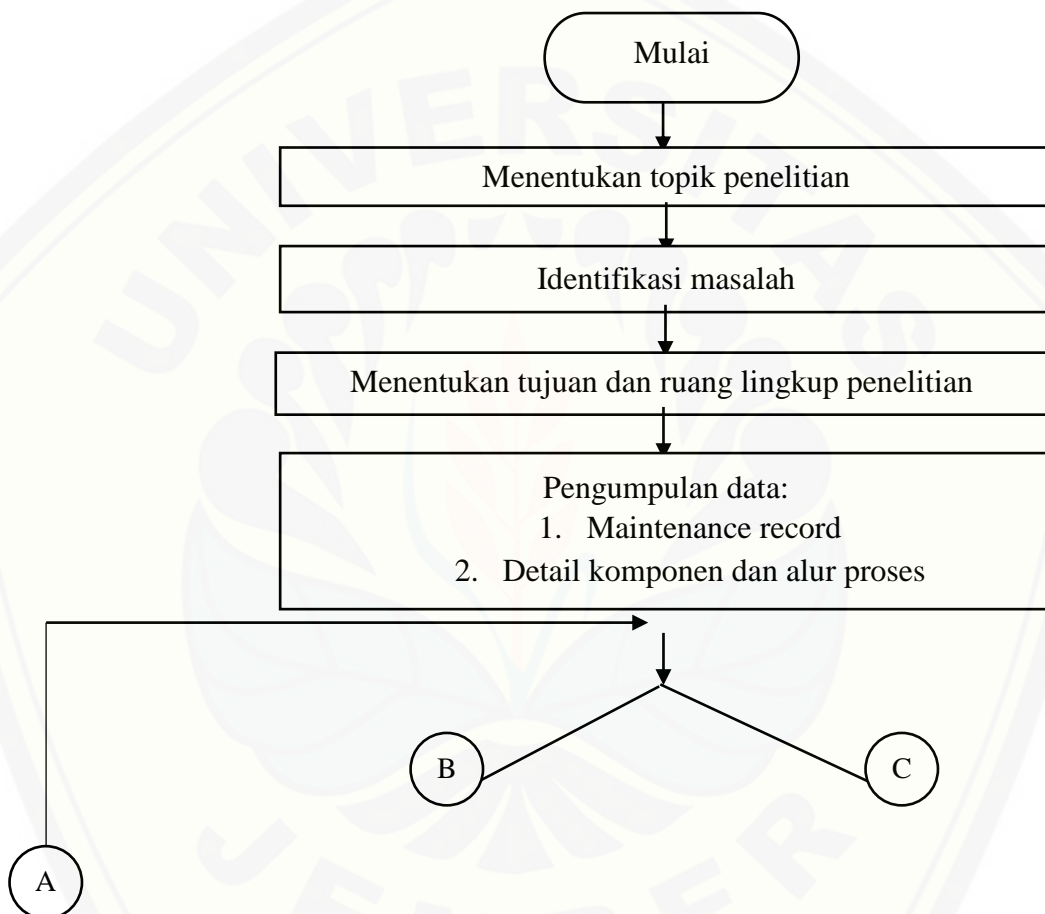
- b. Metode Wawancara

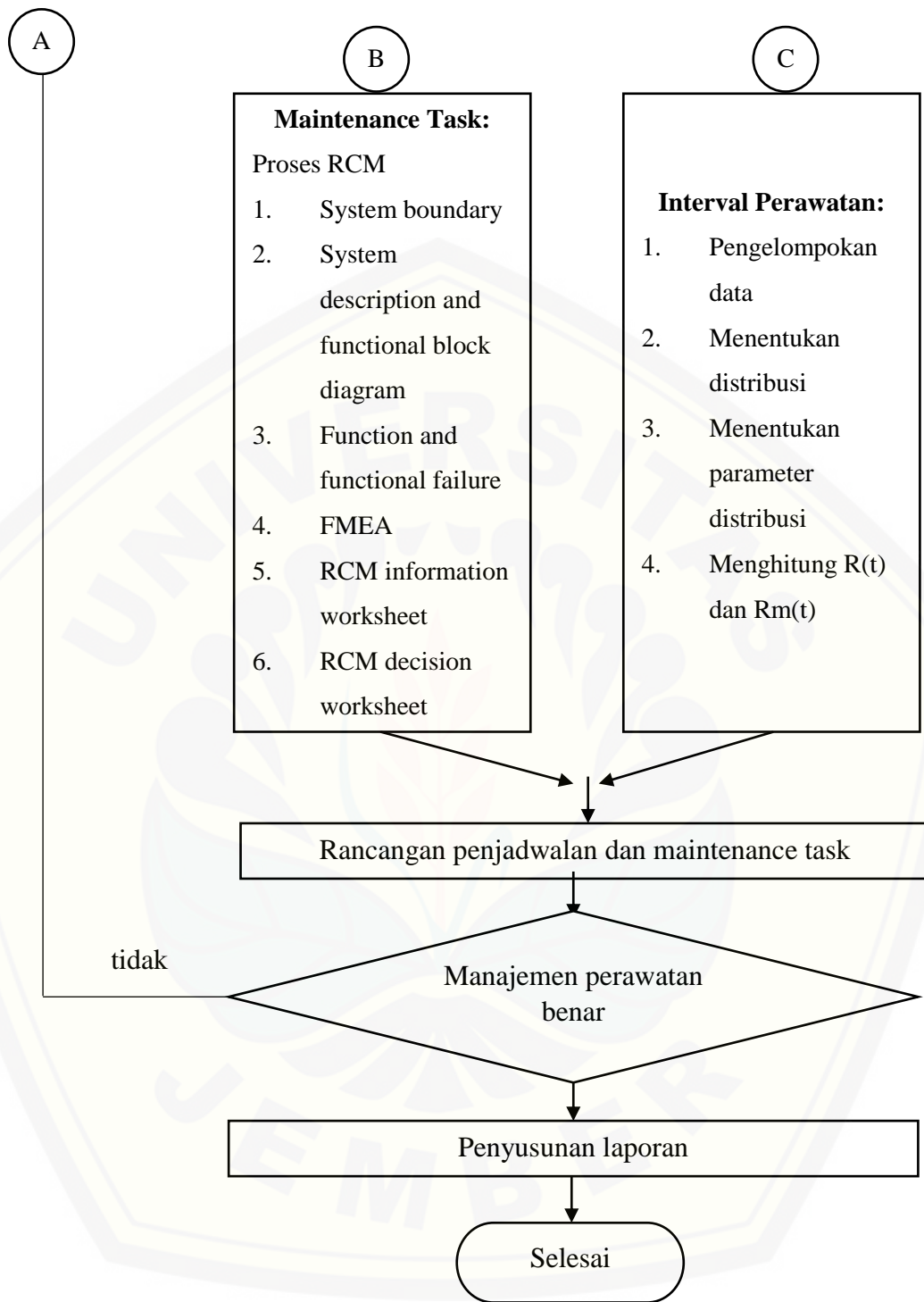
Metode wawancara dilakukan dengan melakukan tanya jawab langsung dari berbagai sumber yaitu dengan pihak-pihak yang terkait.

c. Metode Studi Literatur

Metode yang dilakukan berdasarkan pengetahuan dan informasi yang didapat dari berbagai literature seperti buku, data-data perpustakaan dan internet.

3.4 Flow Chart





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Tahap Persiapan

1. Menentukan topik
2. Identifikasi masalah
3. Menentukan tujuan dan ruang lingkup masalah
4. Pengumpulan data

Pada tahap ini data yang diperlukan ada dua macam, data *maintenance record* dan detail tentang komponen atau sistem yang akan diteliti (ketel uap CCB). *Maintenance record* yang diperlukan berupa data kerusakan *Time To Failure* (TTF) dan data perbaikan ketel CCB mulai dari tahun 2013 hingga 2017.

3.5.2 Tahap Penelitian

1. *MaintenanceTask*

Maintenance task didapat dengan proses RCM. Pada proses RCM diharuskan untuk mengisi sebuah form yang bernama *form RCM Decision Worksheet*. Dari form ini akan diperoleh saran perawatan yang paling tepat untuk dilakukan sesuai dengan kaedah *preventive maintenance*.

2. Interval perawatan

Interval perawatan diperoleh dengan mengolah data TTF yang didapat dari *maintenance record*. Dalam pengolahan TTF, dipergunakan alat bantu berupa aplikasi bernama Minitab versi 18. Data kerusakan dari masing-masing tahun diinputkan ke dalam Minitab untuk diketahui jenis distribusi yang tepat dari empat distribusi yang ada. Setelah didapat distribusi yang tepat maka selanjutnya melakukan identifikasi terhadap parameter dari distribusi tersebut. Parameter yang ditemukan akan digunakan dalam perhitungan nilai keandalan sebelum dan sesudah dilakukan *preventive maintenance*.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah penulis lakukan tentang perancangan interval perawatan dan tindakan perawatan yang sesuai dengan kaedah *Reliability Centered Maintenance*, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Komponen penyebab kegagalan pada ketel uap (ketel CCB) adalah perpipaan ketel CCB dan *accessories*, *feed water pump CCB 1*, *feed water pump CCB 2*, *feed water pump CCB 3*, *feed water pump CCB 4*, *daerator tank CCB*, *IDF CCB*, *FDF CCB*, *secondary fan CCB*, *wet dust collector*, pompa daerator CCB 1, pompa daerator CCB 2.
2. Perancangan penjadwalan berupa interval perawatan setelah dilakukan analisa *time to failure* nya, diperoleh waktu interval perawatan setiap 15 hari sekali.
3. Jenis tindakan perawatan yang dianjurkan pada periode Dalam Masa Giling (DMG) yakni *on condition task* berupa *inspection*, *servicing* dan *testing*. Pada periode Luar Masa Giling (LMG) yakni tindakan *discard task* dan *restoration task* berupa *alignment*, *adjustment* dan *installation*.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini antarlain:

1. Perlu adanya tim yang fokus untuk melakukan perawatan sehingga kegiatan *maintenance* tidak mengganggu pekerjaan lain ketika terjadi kegagalan.
2. Tindakan perawatan harus dilakukan secara berkala untuk menghindari dan mencegah kegagalan, dan jika memang terjadi kegagalan maka pihak pabrik sudah siap menghadapi kegagalan yang akan terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ebeling, C. 1997. *An Introduction To Reliability And Maintainability Engineering*. McGraw-Hill Internationald.
- Moubray, J. 1991. *Reliabilty Centered Maintenance II*, Butterworth-Heinemann.
- Dhillon, B. S. 2002. *Engineering Maintenance: A Modern Approach*. USA: CRC Press LLC.
- Lewis, E. E. 1987. *Introduction to Reliability Engineering*. Canada: John Wileyand Sons.
- Gaspersz, V. 1992. Analisis Sistem Terapan: Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri. Bandung: Penerbit Tarsito.
- Jainuri. 2014. Perancangan Perawatan Mesin *Boiler* dengan Pendekatan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada PT. Bumi Pratama Khatulistiwa. 46-51.
- Taufik, A., dan Nurdin, A. 2013. Evaluasi Keandalan Boiler Unit 1 dan 2 BTG (*Boiler Turbine Generator*) PT. Semen Tonasa Menggunakan Software Weibull ++6. Sinergi No. 1, Tahun 11, April 2013.
- Rachman, H. dkk. 2017. Usulan Perawatan Sistem *Boiler* dengan *Metode Reliability Centered Maintenance* (RCM). Jurnal Teknik Industri. 18(01): 86-93.
- Faizal, M. 2016. Implementasi *Reliability Centered Maintenance* Pada Proses Peleburan Polimer Keramik di PT. Ferro Indoensia. *Skripsi*. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri Departemen Teknik Fisika Institut Teknologi Surabaya.
- Rahardito, W. F. 2016. Implementasi *Reliability Centered Maintenance* (RCM) pada Proses Gas Kriogenik. *Skripsi*. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri Departemen Teknik Fisika Institut Teknologi Surabaya.
- Mahfud, E. M. 2017. Perancangan Sistem Pemeliharaan pada Mesin Tenun Menggunakan Metode *Reliability Centerd Maintenance* (RCM). *Skripsi*. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri Teknik Mesin Institut Teknologi Surabaya.

- Widyaningsih, A. S. 2011. Perancangan Penjadwalan Pemeliharaan pada Mesin Produksi Bahan Bangunan untuk Meningkatkan Keandalan Mesin dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). *Skripsi*. Depok: Fakultas Teknik Program Studi Teknik Industri Universitas Indonesia.
- Djunaidi, M., dan M. F. Sufa. 2007. Usulan Interval Perawatan Komponen Kritis pada Mesin Pencetak Botol (*Mould Gear*) Berdasarkan Kriteria Minimasi Downtime. *Jurnal Teknik Gelagar*. 18(01): 33-41.
- Bhakti, R. 2015. Perancangan Sistem Pemeliharaan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Pulverizer. *Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Surabaya*. 6(1): 155-160.
- Otaya, L. G. 2016. Distribusi Probabilitas Weibull dan Aplikasinya (Pada Persoalan Keandalan (*Reliability*) dan Analisis Rawatan (*Maintainability*)). *Tadbir: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*. 4(2): 44-66.
- Hossain, A. M., dan Zimmer, W. J. 2003. *Comparison of Estimation Methods for Weibull Parameters: Complete and Censored Samples*. *Journal of Statistical Computation and Simulation*. 32(2): 145-153.
- Ni'mah, R., dan Agoestanto, A. 2014. Estimator Bayes untuk Rata-Rata Tahan Hidup dari Distribusi Rayleigh pada Data Disensor Tipe II. *Unner Journal of Mathematics*. 3(2): 110-117.
- Qiao, H., dan Tsokos, C. P. 1994. *Parameter Estimation of the Weibull Probability Distribution*. *Journal Mathematics and Computers in Simulation*.

Lampiran 1. Spesifikasi Ketel Pabrik Gula Gending**STASIUN KETEL****KETEL CHENG CHEN****1. DATA-DATA KETEL**

Nama alat	: Cheng Chen Boiler
Pabrik pembuatan	: CO Mechinary co. LTD Taiwan
Tahun pembuatan	: Th. 1976
Pemasangan	: Putra jatim CO / indo marine – Surabaya
Model/Tipe	: Ketel pipa air / CWN 600
No. Pabrik	: W5 120
Produksi Uap	:
- Normal	: 20 ton /jam
Tekanan uap	: 19,2 kg/cm ²
Suhu uap	: 325°C
Ruang drum uap bruto	: 7,2 m ³
Ruang drum air bruto	: 2,7 m ³
Isi air efektif	: 15 m ³
Luas pemanas	: 588 m ³

2. DRUM UAP

Tekanan	: 20 kg / cm ²
Garis tengah dalam	: Sheel plat Ø 1379 mm Turbo plat Ø 1379 mm
Tebal buah	: 25841
Panjang	: 3970 mm
Panjang botol	: 4818 mm
Isi	: 7,2 m ³
Bahan	: KIS – SB – 46
Pengering uap (pemisah air)	: Saringan
Pipa air pengisian	: Ø 2,5"
Pipa uap ketel	: Ø 8"
Pengatur air pengisian	: Otomatis / Control
Level drum	: 3 element

3. DRUM AIR

Tekanan maksimum	: 20 kg / cm ²
Garis tengah dalam	: Sheel plat Ø 1379 mm Turbo plat Ø 1379 mm
Panjang	: 1880 mm
Panjang total	: 3530 mm
Tebal drum	: ± 18 mm
Bahan	: JIS SB – 46
Jarak drum uap dg drum air	: 7500 mm
Jarak pipa memanjang pipa air:	14000 mm Ø 55
Laluan gas asap	: 1

4. PIPA-PIPA AIR

Ketel bank (Boiler bank)	: 134 buah. Ø 3" 313 buah. Ø 2"
Jumlah pipa yang melebar	: 5 x Ø 3"

	13 x Ø 3"
Jumlah pipa yang memanjang :	20 x Ø 3"
	48 x Ø 3"
Jumlah pipa total :	447 buah
Diameter pipa air :	76,2 mm dan 50,8 mm
Jarak melebar pipa :	121,1 mm dan 79,64 mm

5. PIPA-PIPA AIR RUANG PEMBAKARAN

a. Dinding Depan dan Atas

Jumlah pipa	: 20 ljr
Diameter pipa	: 76,2 mm
Panjang pipa rata-rata	: ± 1500 mm

b. Dinding Belakang

Jumlah pipa	: 20 ljr
Diameter pipa	: 76,2 mm
Panjang pipa rata-rata	: 170 mm

c. Dinding Samping

Jumlah pipa	: 2 x 14 = 28 ljr
Diameter pipa	: 76,2 mm
Panjang pipa	: 250 mm
Jarak 2 pipa melebar	: 140
Jarak 2 pipa memanjang	: 250

6. PEMANAS UAP LANJUT

Tipe	:
Jumlah pipa lengkung	: 57 ljr
Diameter pipa	: 38,1 mm
Panjang pipa efektif	: 16500 mm
Jumlah lengkungan (IDOP)	: 3
Luas pemanas	: 110 m ²
Jarak 2 pipa melebar	: 82,65 mm
Jarak 2 pipa memanjang	: 140 mm
Jarak kast masuk-keluar	: 1300 mm
Diameter kast masuk	:
Diameter kast keluar	: 3150 mm
Tebal kast	: 25,4
Ukuran lubang tangan	: 9 mm
Laluan uap masuk	: 38,1
Laluan uap keluar	: 6 "
Tekanan/suhu uap keluar	: 17 kg/cm ² / 350°C

7. PEMANAS UDARA PEMBAKARAN

Jumlah pipa api	: 750
Diameter pipa api	: 3"
Panjang pipa	: 3630 mm
Jarak 2 pipa melebar	: 25
Jarak 2 pipa memanjang	: 95
Luas pemanas	: 355 m ²
Tebal pemanas	: 1500 mm
Tebal dinding pemanas	:
Jumlah tube plaat	:
Jarak tube plaat atas-bawah	: 3620 mm
Jumlah laluan udara	: 1
Jumlah laluan/sirkulator	: 1

8. KAST PENGUMPUL

Jumlah kast	: 1 bh
Diameter kast (luar)	: 318,5 mm
Tebal kast	: 25,4 mm
Jumlah lubang tangan	: 13
Diameter lubang tangan	: 100 mm
Jumlah pipa air turun	:
Jumlah pipa air naik	: 25
Diameter pipa air turun	:
Diameter pipa air naik	: 3"
Jumlah kast	: 2
Panjang kast	: 3500 mm
Diameter kast	: 200 x 200
Tebal kast	: 22
Jumlah lubang tangan	: 6
Feeder	:
Diameter Lubang tangan	: 100 x 6
Jumlah air masuk	: 3"

9. PEMBAKARAN MINYAK

System	: Burner dengan pengabut sop
Jumlah pengabut	: 1
Penempatan pengabut	: Pada 1 dinding samping
Dia. laluan udara pembakar	: 300 x 600
Volume ruang pembakaran	: 110 m ³
Tipe pengabut	: JNY SFD 12Y JET
Perlengkapan	: Pompa minyak otomatis flame.

10. PEMBAKARAN AMPAS

System	: Pneumatig Spindor Stoken
Luas perapian efektif	: 11,5 m ² / ruang pembakaran
Ukuran ruang pembakaran	: 3040 x 3800 x 9600
Perlengkapan	: rotary

11. CEROBONG ASAP

Dia. cerobong bagian bawah	: 2430 mm
Dia. cerobong bagian atas	: 2430 mm
Tinggi cerobong total	: 25000 mm
Suhu gas asap	: 250°C

12. BAGASSE FEEDER

Jumlah	: 2 buah
Ukuran rotor tipe	: Ø 570 x 620
Ukuran masuk	: 720 x 720
Ukuran keluar	: 500 x 720
Kopling	: Chain
Penggerak	: Gear motor
Tipe	: NB 5 – 231 – 25
Ratio	: 25
Daya	: 3,7 kw
Putaran	: 1500 rpm



13. BRANDER I (BAWAH)

FLAME

Pembuat : Volcano co.ltd. Osaka Japan
 Lisensi : ABC England
 Tipe : SFD – 16
 Serial no. : 51 – 248 – 2
 Tahun : November 1979

FLAME DETEKTOR

Pembuat : Honeywell
 Serial no. : 7935

SOLENOID

Digunakan	Solenoid I	Solenoid II
Fluida	Liquid Petroleum gas	Residu
Pembuat	CKD	Keihin siki MFG Co.ltd
Tipe no		BHF-6A15-20 AHK CJ
Max prees		1,6 kg/cm ²
Daya	220 V AC	220 V AC
Office		2
Max temperature		120 ⁰ c

14. BRANDER II (ATAS)

FLAME

Pembuat : Volcano co.ltd. Osaka Japan
 Lisensi : ABC England
 Tipe : SFD II
 Serial no. : 11 – 2015 – 2
 Tahun : May 1976

FLAME DETEKTOR

Pembuat : Honeywell
 Serial no. : 7620

SOLENOID VALVE

Digunakan	Solenoid I	Solenoid II	Solenoid III
Fluida	Liquid petroleum gas	Oil residu	Oil residu
Maker	Chokyo Ellwotric Co	Kelhinseiki MFD Co.LTD	Kelhinseiki MFD
Max. press	5 kg/cm ²	0-10 kg/cm ²	CO
Tipe	MC-02-25	FD. 2410	0-14 kg/cm ²
Power	250 V AC		FD.2010
Temperature			200 V AC
Pipe	PT ¼		90 ⁰ c

15. DUMPING GRADE

Ukuran : 384 x 277
 Jumlah daun grade : 840 buah
 Control silinder : 4
 Bahan daun grade : Cast iron
 Bahan as grade : Cast steel

16. POMPA AIR DEAERATOR

Jumlah : 2 buah
 Pembuat : Santai Machinery Manufactory
 Tipe : CSMH
 Kapasitas : 28 ton/jam
 Putaran : 3000 rpm
 Head : 40 m
 Diameter saluran : 2,5"



Diameter pipa tekan : 2"
 Diameter pipa hisap : 3"
 Jumlah kipas : 1
 Bearing : 6307
 Penggerak : Motor listrik
 Daya : 10 PK/380 V

17. POMPA AIR PENGISI KETEL

Jumlah : 4 buah
 Pembuat : SNM (Shin Nippon Machinery)
 Tipe : ST-R5/608
 Kapasitas : 29 ton/jam
 Head : 240 m
 Putaran : 2980 rpm
 Diameter saluran : 2,5"
 Diameter pipa tekan : 2,5"
 Diameter pipa hisap : 3"
 Bahan kipas : Cast iron
 Bearing : NU 307, NJ
 Pelumas : Turbo T68
 Penggerak I : Motor listrik
 Daya : 50 HP
 Putaran : 3000 rpm
 Penggerak II : Turbin Uap
 Pembuat : SNM (Shin Nippon Machinery)
 Tipe : H - 132
 Daya : 60 HP
 Putaran : 3000
 Rotasi : CW
 Tekanan uap masuk : 16 -17 kg/cm²
 Temperatur uap : 320°C – 350 °C
 Tekanan uap bekas : 0,7 – 1 kg/cm²
 Konsumsi uap : 1990 kg/HP/Hr
 Water rate : 33,2 kg/HP/Hr
 Governor : Word SGX
 DWG no : T-2A-0002

18. POMPA RESIDU

Jumlah	1	1
Maker	Daito Kogiyo Co	Daito Kogiyo Co
Tipe	Gear pump/P.60.2000/112015	Gear pump/HPR-4-34
Kapasitas	915 ltr/jam (830 kg/jam)	1500 kg/jam
Putaran	1450 rpm	1450
Pipa tekan	3/4"	3/4"
Pipa isap	1"	1"
Penggerak	Motor listrik	Motor listrik
Daya	0,75 kw/380 V/1,8 A	1,5 kw/380 V/3,4 A/50 Hz
Putaran	1450	1450
Class insu	E	E
Bearing	6204 UU	6205 ZZ-6204 ZZ
Ralling	Continue	Continue
Serial no	63776000	H.50.54-129Y 80
Maker	Toshiba (Tokyo Shibonraelectric)	

19. VENTILATOR / BLOWER

**Induce Draft Fan / IDF (Tarikan gas asap)**

Tipe	: Centrifugal 16/A 41 Lg
No. Pabrik	: B-50-53
Kapasitas	: 1600 m ³ /s
Press	: 120 mka
Putaran	: 710 Rpm
Daya	: 150 HP
Temperatur	: 250°
Conection motor	: 7 x V belt D 145
Bearing	: 22320 ck, H 3126
Penggerak	: Motor Listrik
Pembuat	: Teco/Tangyuan Co.
Tipe	: EEK
Daya	: 150 PK/380 V/213 A/50 Hz
Putaran	: 970 rpm
Rating	: Continue
Rotor	: K2
Serial	: 64742
Bearing	: 6313/NU.320

FDF (Udara pembakaran)

Tipe	: Centrifugal/1904/3612A
Kapasitas	: 650 m ³ /jam
No.pabrik/tahun	: B-5129/PFDAZRFOZR
Putaran	: 1450
Temperature hisap	: 30°C
Tinggi tekan	: 195 mka
Size hisap	: 1060 x 625
Diameter kipas	: 1050
Material rumah	: SS 41
Material kipas	: Certon
No.Ventilator	: B-3026
Transmisi daya	: Kopling tetap
Pelumas	: Grease
Bearing	: UC.312
Penggerak	: Motor listrik
Pembuat	: Teco/Tongyuan Co.ltd
Tipe/tahun	: EEK/1976
Rating	: Continue
Rotor/phase/pole	: K2/3/4
Daya	: 60 HP/380 V/83 A/50 Hz
Putaran	: 3000 rpm
Bearing	: 6313

SECONDARY FAN (SDF)

Tipe	: Centrifugal 23A/3000
Kapasitas	: -
St.press	: 150 m ³ /min
Temperature	: 160°C
Daya	: 50 HP
Putaran	: 2438 rpm
Transmisi	: Kopling tetap



Bearing : 22215 CCK, H 312
 Penggerak : Motor listrik
 Pembuat : Teco PTE LTD Singa
 Tipe : EEK
 Daya : 50 kw/380 V/ 1 A/50 Hz
 Putaran : 2985 rpm
 Raling : Continue
 Bearing : 6312/63/2

20. WATER FLOW METER

Pembuat : Tociko Co.ltd
 Tipe : Displacement
 Tahun : 1978
 Fluida : Air

21. OIL FLOW METER

Pembuat	Tokico Co.ltd Japan	Tokico Co.ltd Japan
Tipe	Displacement	Displacement
Tahun	1978	1978
Fluida	Heavy oil/Residu	Heavy oil/Residu
Ukuran	40 mm	20 mm
Intermit	0,1 – 7 m ³ /jam	
Flow range cost	0,1 – 6 m ³ /jam	40 – 2000 Itr/jam
Temperature max	100 ⁰ c	80 ⁰ c
Press max	10 kg/cm ²	10 kg/cm ²
Jumlah	2 buah	1 buah

22. DEAERATOR

Pembuat : Cheng Chen M
 Tipe : KV
 Tekanan kerja : 1,5 kg/cm²
 Diameter luar : 1112 mm
 Panjang : 3750 mm
 Isi bruto : 3,56 m³
 Isi netto : 2 m³
 Tinggi pondasi : 300 mm
 Diameter pipa inlet : 2,5"
 Diameter pipa outlet : 4,5"
 Diameter pipa inlet O2 : 1"
 Diameter drain : ½"
 Diameter pipa str.peng : 6"
 Diameter pipa str.retour : 3/8" dan ½"

23. CONTINUE BLOW DOWN

Bahan : Plat Yzer
 Diameter pipa inlet : 1"
 Diameter outlet : 1"
 Tekanan operasi : 3,5 kg/cm²
 Temperature operasi : -
 Diameter vent pipa : 3,5"

Flowrange : 5 – 25 m³/jam
 Pres max : 28 kg/cm²
 Temperature max : 100°C
 Ukuran : 80 mm

24. PEMANAS RESIDU/OIL RESIDU

Digunakan	Pemanas I	Pemanas II
Model	Spiral	AS.054K 10/20 P-16
Tipe	Elektrik/steam dual	Design press =16 kg/cm ² (shell) =10 kg/cm ² (batteray)
Badan	2190	Design temp =183 ⁰ c (shell) =183 ⁰ c (bateeray)
Diameter badan	210 mm	Test press =24kg/cm ² (shell) =15kg/cm ² (batteray)
Press fluida	13 kg/cm ²	
Press uap	10 kg/cm ²	
Diameter inlet fluida	1"	
Diameter outlet fluida	1"	
Diameter inlet uap	1/2"	
Diameter outlet uap	5/8"	
Diameter pipa pemanas	3/4"	
Panjang pipa pemanas	18.150 mm	
Luas pemanas	4,08 m ²	

25. DE SUPERHEATER UNIT

1. Temperatur control

Pembuat : Yokogawa
 Tipe : Local mounting H3A-A4-Y/ES-2
 Range : 100°C - 250°C
 Air supply : 1,4 kg/cm²
 Output signal : 0,2 – 1,0 kg/cm²
 Input : Thermo bulb sensor

2. Sensor

Pembuat : Yokogawa
 Tipe : Thermo bulb TIA-AB3-DS5
 Range : 0°C - 250°C

3. Air regular

Pembuat : Yokogawa, Japan
 air supply : 4 – 10 kg/cm²
 output : 1,4 kg/cm²

4. Control valve

Pembuat : Kikan Vuhin MFG Co ltd
 Tipe : ACU-101-2DN-S-ISN
 For use of : Injection W. Control
 Fluida : Air
 Inlet press : 17,5 kg/cm²
 Outlet press : 16,5 kg/cm²
 Fluida temperature : 90°C
 Flow max : 2800 kg/jam
 Control temperature : 180°C
 Press drop : 0,5 kg/cm²
 Loading air press : 0,2 – 1,0 kg/cm²
 Water test press : 3 – 5 kg/cm²
 Tipe : P-EQ

26. COMPRESOR



Digunakan	Compressor I	Compressor II
Jumlah	1	1
Pembuat	Hitachi	
Tipe		
Model	Datar	Datar
Putaran	860 rpm	1240 rpm
Kapasitas	400 ltr/menit	160 ltr/menit
Tekanan max	6 kg/cm ²	
Penggerak	Motor listrik	Motor listrik
Daya	7,5 Hp	
Putaran motor	1440 rpm	
Transmisi	V Belt B.89	V Belt. A.61
Cakra motor	Ø 250	Ø 250
Cakra kompresor	Ø 390	Ø 284

27. STEAM PRESS REDUCTION CONTROL (tag : K-PIC-1)

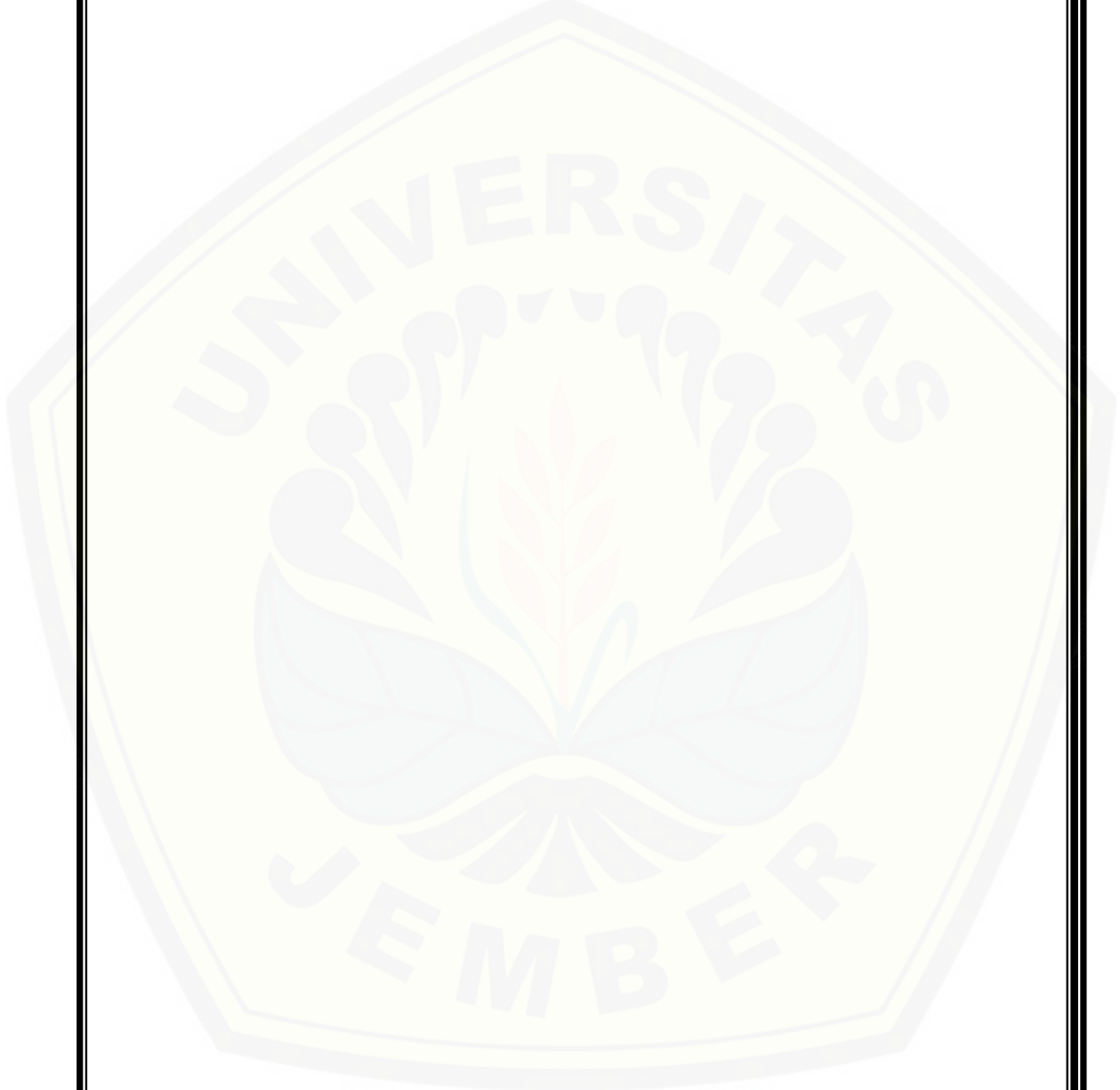
1.Pembuat	Yokogawa Electric Co
Tipe	Local panel 43A-A4-Y/ES-2/PSI
Scale Range	Reducing steam 17 kg/cm ² to 8 kg/cm ²
Air supply	1,4 kg/cm ²
Output air	0,2 – 1,0 kg/cm ²
Regulator	
2.Main air supply	4-10 kg/cm ²
Output	1,4 kg/cm ²
Pembuat	SMC
3.Control Valve	
Pembuat	Kakin buhin MFG Co ltd KBK
Tipe no	ACU-102, 4DN-F-5 WR
For use of	Steam press reducing
Fluida	Superheater steam
Inlet press	17 kg/cm ²
Outlet press	8 kg/cm ²
Fluida temperature	325 ⁰ c
Flow max	22,00 kg/jam
Control press	8 kg/cm ²
Loading air press	0,6-22 kg/cm ²
Water test press	34 kg/cm ²
Air to	PEN
Selected Cvno Tipe	CV 200 P-EQ

28. STEAM PRESS REDUCING CONTROL (TAG NO: K-PIC-2)

1.press control	
Pembuat	Yokogawa
Scale	0-6 kg/cm ²
Tipe	Local mounting 43A-A4-Y/ES-2/P-42
Air supllly	1,4 kg/cm ²
Output	0,2-1,0 kg/cm ²
2.Air Regulator	
Tipe	Fixed press regulator (GAS-FM)
Air supply	4-10 kg/cm ²
Output	1,4 kg/cm ²
Pembuat	Yokogawa
3.Control Valve	



Pembuat	Kikan buhin MFG Co ltd
Tipe	ACU-101, 4DN-S4-WR
For use off	Steam press reducing
Fluida	Steam
Press flow max	8 kg/cm ²
Controlling press	3 kg/cm ²
Loading air press	Saturated
Water test press	0,4-2,0 kg/cm ²
Selected CV no & Tipe	CV 162, P-EQ





PTPN XI

KETEL JTA

1. DATA KETEL

Nama alat	: Ketel JTA
Buatan pabrik	: Nel Jhon Thomson (AJST)
Tipe dan Tahun	: Suspense Bagasse 1989/1990
Pemasang	: PT. BOMA (PERSERO)
Jumlah	: 1
Total steam output	: 30 ton/jam
Final steam press	: 17 kg/cm ²
Final temperature press	: 325°C
Boiler thermal off	: 85%
Full flow rate	: 2,5 ton/jam
Combustion air flow rate	: 45 ton/jam
Flue gas flow rate	: 310°C
Fuel oil colorific	: 9500 kcal/kg
Feed water pump	: 90°C
Furnace plan area	: 16,3 m ²
Furnace volume	: 165 m ³
Furnace heating surface	: 109 m ²
Super heating surf	: 74 m ²
Tube bank surface	: 753 m ²
Air heater heating	: 314 m ²
Total heating surf	: 9362 m ²
Evaporator rate approx	: 3119 kg/m ² /jam

2. TECHNICAL SCHEDULE

1.General

Total steam output	: 30 ton/jam
Final steam pressure	: 17 kg/cm ²
Final staem temperature	: 325 ⁰ c
Feed water pump	: 90 ⁰ c

2.Flow quantities

Bagasse	: 13/93
Under grate air	: 42,0
Secondary air	: 8,8
Spreader air	: 52,8
Total combustion	
Flue gas flow thorough boiler	: 66,4
Feed water inc blow down	: 31,0

3.Temperatur

Amblent	: 27 ⁰ c
Secondary air	: 27 ⁰ c
spreader air	: 27 ⁰ c
flue gas at air heater exit	: 278 ⁰ c
air heater exit air temperature	: 153 ⁰ c

4.Over grate head release : 48 x 10 kcal/m³

5.Volume head release : 148000 kcal/m³

6.Head balance

Dry gass lose	: 12,52 %
	: 3,07 %



Loss due to moisture	
infuck	: 2,69 %
Loss dry to hydrogen	
infuck	: 3,67 %
Unburt loss	: 0,65 %
Radiation loss	: 3,62 %
Un accounted loss	: 22,00 %
Total loss	: 78,00 %
Thermal effisiens	

3. BOILER PRESSURE PARTS

1.Diameter steam drum	: 1370 mm
Diameter mud drum	: 1137 mm
2.Drum thickness	
Steam drum	: 32 mm
Mud drum	: 32 mm
3.Drum Internal length over shell	
Steam drum	: 6006 mm
Mud drum	: 6006 mm
4.Drume Material (steam & mud)	: BS : 150-223-28B
Shell side	: 154-5-490A
End side	
5.Drum Mass	
Steam drum	: 7780 mm
Mud drum	: 6111 mm
6.Design (steam & mud drum)	
Pressure	: 24 kg/cm ²
Temperature	: 250 ⁰ c

4. TUBING DETAIL

1.Main bank tubes	
Number	: 448 PCS
OD X THK	: 63,5 x 3,2
Material	: BS.3059.PTS
2.Furnace tubes	
Number	: 74 PCS
OD X THK	: 76,1 x 3,2
Material	: BS.3059.PT.2 1978 S2-360
3.Down comer,s tubes	
Number	: 51 PCS
OD X THK	: 76,1 x 3,2
material	: BS.3059>PT.2 1978 S2-360
4.Circulating tubes	
Number	: 26 PCS
OD X THK	: 70 x 3,2
Material	: BS.3059.PT2
5.FW.Feeder tubes	
Number	: 2 PCS
OD X THK	: 273 x 12,7
Material	



6.SW. Feeder Tubes

Number : 2 PCS
 OD X THK : 168,3 x 7,1
 Material : HPS to ASTM A.106 GR”B

5. HEADER

1.Front Wall

Number : 1 PCS
 OD X THK : 273 x 12,7
 Material : ASTM A.106 GR”B

2.Bottom side wall

Number : 2 PCS
 OD X THK : 219 x 12,7
 Material : ASTM A.106 GR”B

6. SUPER HEATER

1.Heater

Number : 1
 OD X THK : 273 x 12,7
 Material : ASTM A.106 GR”B

2.Elemen tubes

Number : 24
 OD X THK : 51 x 4
 Material : BS.306.PT2 78:S-360

7. SAVETY VALVE

1.Drum savety valve

MFG : Hopkinson
 Flg no : M.5560.40. Double
 Size : 65
 Set press : 2154 Kpa

2. Super heater savety valve

MFG : Hopkinson
 Flg no : 703
 Size : 50
 Set press : 1954 Kpa

8. BAGASSE FIRING EQUIPMENT

A. Bagasse Feeder Inlet Chuts

1. 2 Chutes
2. Two sensor Each Chuts

B. Bagasse Feeder Apparatus

1. Low Head rotary drum Tipe
2. Inverter
 - MFG : Toshiba
 - Tipe : VT.13041-4055
3. Motor
 - MFG : Toshiba
 - KW : 2,2 kw
 - Rpm : 1450 at normal
4. Sprokets
 - Intermediate Sprockets : 15T-127P
 - Top rol sprockets : 96T-12,7P
 - Drive sprockets : 34T-19,5P
 - Driven sprockets : 17T-19,5P

C. Bagasse Feeder Discharge Chuits

D. Bagasse Distribution

1. Cakar Datar CCB, JTA
2. Cakar Miring (elevator)
3. Cakar pengembalian (reklaimer)

9. GRADE

- Size : 380 x 3548
- Fire bar : 540
- Control Cylinder : 4" airmation Ø 8 x 260 stroke

10. AUXILIARY OIL FIRING EQUIPMENT

BURNER

Tipe

MFG

Comprising

1. Air register, model DF
2. Combustion chamber seal
3. Oil spryer
4. Gas/air/Elektrik ignition
 - Normal condition for burner operation, LPG supply pressure,
 - LPG flow rate
5. Normal condition
 - FO consumption at MCR, Combustion air, Automising steam pressure,
 - Predicted flame light, Predicted flame diameter

BURNER DATA

Air temperature, Fuel oil coloric value, Fuel oil Viscosity at 38⁰c,
FO temperatur at burner

EMERGENCY STOP/SOLENOID VALVE CLOSE, BECAUSE

1. Lose of burner main flame
2. Boiler drum water level low
3. FO pressure low
4. Automissing steam pressure low

11. POMPA AIR PENGISI KETEL

Jumlah	1	1
Kapasitas pompa	45 m ³ /jam	30 m ³ /jam
Head		
Putaran	2950 rpm	
Penggerak	Motor listrik	Motor listrik
Daya	55 kw/380 v/50 Hz	90 kw
Putaran motor	2970 rpm	2975 rpm
Tipe	Y2-250 m-2	N-280

12. POMPA DEAERATOR

Jumlah	1	1
Tipe	MX A50-32-CP	
Kapasitas		29 m ³ /jam
Penggerak	Motor listrik	Motor listrik
Daya	11 kw	7,5 kw
putaran	1455 rpm	1450 rpm

13. FUEL OIL PUMP

Kapasitas	300 kg/jam
Head	240 m
Basic viscosity at 38 ⁰ c	150 ⁰ c
Suction press	Flooded
Deleverry press	1,5 mpa
Suction temperature	38 ⁰ c
Delivery temperature	94 ⁰ c
Temperature rice through line	56 ⁰ c
Heater	56 ⁰ c
Stea press available	1,7 mpa
Apropiate steam usage	150 kg/jam
Electrical capacity	20 kw/380 v/50 Hz

14. INDUCED DRAFT FAN (IDF)

Size	: 56
Arragment	: 7-5-1
Control	: Inlet Lovre Demper
Dufy	: 37,2 m ³ /SEC
Temperature	: 285 ⁰ C
Pressure	: 2,46 KPA
Speed	: 1420 rpm
Fan shaft	: 135 Kw
Casing & side box	: 6 mm

15. IDF TURBINE DRIVE

MFG	: Nadrawski
Model	: 4S-G-III
Output normal	
Output max	: 175 kw
Output speed	: 1480
Initial steam press	: 15 kg/cm ²
Initial steam temperature	: 325 ⁰ C
Exhaust steam press	: 0,8 kg/cm ²
Specific steam rate	: 19 kg/kwh-3325 kg/h



At normal : 19 kg/kwh-3325 kg/h
 Steam inlet conection : DN 3”PN ASA 300 LB.RF
 Weigh of one turbine net : Approx. 1400 kgs gross 1650 kgs gross
 Outline drawing no : 6010-44 ENT
 Rotation : Clock wise when velwed from governor end of turbine

16. IDF ELECTROMOTOR DRIVE

Penggerak : Electromotor
 Merk : ELYN
 Tipe : A/1104
 Daya : 170 kw/220/380 v/282 A
 Putaran : 1475 rpm
 Speed reduser : 1475 : 1380
 Poros I : Ø 120 ASSAB 705
 Pully I : Ø 450 ASSAB 705
 Poros II : Ø 88 ASSAB 705
 Pully II : Ø 395 ASSAB 705
 Block bearing I : 5220 x 22220 kg
 Block bearing II : 524620 x 22224 kg
 V Belt : D 102
 Jumlah V Belt : 7 buah

17. FORCED DRAFT FAN (FDF)

Size : 37,5
 Arrangement : 8
 Volume : 12,03 m3/sec
 Temperature : 270c
 Pressure : 2,18 K Pa
 Speed : 1460
 Fan shalt : 36,6
 Rekomended motor : 45 kw
 Cabing : Non split
 Impeller : Back ward blade
 Base plate : Full base
 Bearing : Rolie-70 m/m SN22516
 Coupling : Flexible C/W quard
 Drive : Trough coupling
 MFG : Brook crompton Parkinson
 Power : 45 kw
 Putaran : 1440 rpm

18. FAN ELECTRIC DRIVE

MFG : CMG
 Power : 22 kw
 Speed : 2930
 Frame : D.180 M-2

19. OVER FIRE AIR FAN

Size : 23,5
 Volume : 4
 Temperature : 27⁰c
 Speed : 2930
 Fan shaft : 18,1 kw



Recommended motor	: 22 kw
Casing	: Non split
Impeller	: Back ward blade
Drive	: Direct

20. SPRAY PUMP

Number required	: 2
Service	: Transfer
Liquida	: Water
Temperature	: 165 ⁰ c
Specific grafit	: 0,95
Viscosity	: 1
Discharge press	: 16 bar
Suction press	: Flooded
Diff press	: 168 m
NPSH available	: Ample assumed
Capacity	: 3 m ³ /h
Total head	: 168 m
Performance	
Pump model	: SRN N226 WW 1025
Pump Tipe	: Serro
Putaran	: 1450 rpm
KW desaign/max	: 4,2/5,2
NPSH reg,d	: 2

21. AIR COMPRESSOR

1.Compressor	
Maker	:
Tipe	: CC.10
Capacity	: 3 m ³ /min AT.700 Kpa
Motor	: 7,5 kw/380 V/50 Hz
Reciver	: 500 x 2100 mm
Number	: Duplex
2.Pre filter	
Min	: Zander filtering down to
Model	: E.UB
Capacity	: 90 CPM
Working press	: 16 bar
3.Micro filter	
MFG	: Zander filtering down to 0,01 PPM & 0,01 microns at 99% efektif
Model	: G 9 x D
Capacity	: 90 PPM
Working press	: 7 bar
Max press	: 16 bar
4.Refrigerated	
Dryer MFG	: Hiros
Model	: DXB
Capacity	: 78 CFM 32 ⁰ c
Working press	: 7 bar
Max press	: 16 bar
Press dew poin	: 3 ⁰ c

22. KOMPRESSOR JTA MERK BEBICON

1 Stage	: 11 kw
Max press	: 7 kg/cm ²
Puteran	: 1000 rpm
kapasitas	: 1250 ltr/menit

23. DE SUPERHEATER UNIT

1.Station	: 1
Inlet steam flow	: 12 ton/h
Outlet steam temperature	: 325 ⁰ c
Steam pressure KPAG	
Reduction	: 200
Nozzle KP2G	: 268
Water press at assumed control	
Valve PKPaG	: 328
KPaG	: 1380
Spray flow	: 1,3
Turn down	: 2,0
2.Station	: 2
Inlet steam flow	: 12 ton/h
Inlet steam temperature	: 325 ⁰ c
Steam pressure KPAG	: 1667/294
Reduction	
Nozzle KP2G	: 440
Water pressure at de superheater	: 734
Assumed control valve PKPaG	: 646
KPaG	: 1380
Spray flow & turn down	: 1,6 dan 2,7

24. CHEMICAL DOSSING PUMP EQUIPMENT

1.Low pressure dosing	
Dossing pump	
Amount	: 1
Duly	: 2,6 l/h
Head	: 7 kg/cm ²
MFG	: Wallace & tieran
Motor	: 1Ø (240 V/50 Hz)
2.High pressure dosing	
Amount	: 1
Duty	: 137 l/h
Head	: 27,5 kg/cm ²
MFG	: G.370 VM/24 P
Motor	: Wallace & tierman
Daya	: 0,75 kw/380 v/50 Hz /Ø 3
Putaran	: 1425 rpm
3.Mixer	
MFG	: Sardik
Daya	: 0,55 for 500 I/tank
	: 0,18 for 200 I/tank
Putaran	: 1440 rpm
Phase	: 1

25. DUST COLLECTOR



Tipe	: 24 th
Size	: 15-3
Gas flow	: 30,4 m ³ /sec
Temperature	: 275 ⁰ C
Pressure drop	: 0,9 KPs

ROTARY DUST FEEDERS

Size	: 8" (200 mm)
Tipe	: HD
Floating	: Seal valve
Capacity	: 5 m ³ /hr AT.17 rpm
Density	: 210 kg/m ³
Motor	: 0,37 kw/tefe
gerbox	: Benzier BS.71

DUST COLLECTOR SCREW CONVEYOR

Rate	: 1,05 T/h
Capacity	: 5 m ³ /h
Density	: 210 kg/m ³ (150 ⁰ c)
Size	: Ø 225
Length	: 4,4 m
Casing	: 5 mm thick
Covers	: 1,6 mm thick dust tick drive
Flightz	: 225.OD x 225 pith 8 mm tick (right hand)
Center tube	: 100 nb std (602 mm) wall jer.W pipe
Drive bearing	: CBC sn 509/33691 40 mm plumer block C/W std 509/2209 k
Tail bearing	: CBC..SN 509/2209 k 40 mm plumber block C/W std felt seals
Hanger baering	: None
Bad plat seals	: Std.scott Osmond rotary triple labirwth taconite
Gear motor	: 1,1 kw/101 rpm size 43 M barlow/Mc kay. Fitted with 380 V 3 phase 50 Hz, tefe,IP 55 flange
Drive	: 21 t x 381 x 1 pitch simplex fenner TA perlock sprockets
Spiral speed	: 56 rpm
Level of fill	: 20%
Weigh (empety)	: 700 kg/approx

MUD DRUM SCREW CONVEYOR

Rate	: 1,47 t/h
Capacity	: 5 m ³ /h
Density	: 210 kg/m ³ /150 ⁰ c
Size	: 225 mm
Lengthh	: 7
Casing	: 1,6 mm THK,flod,Bolted dust light
Flights	: 225 OD x 225 pith x 8 m (all right)
Drive bearing	: CBC SN 509/2209.40 mm Plumer block C/W std felt sealt
Hanger	: Off 40 mm DN scott Osmond
Bearing	: STD split N 1 hard brush
Tail bearing	: CBC SN 509/2209.40 mm plumer block S/W STO felt sealt



Center tube	: 65 nb srd (5,6 m,wall) ER W Ripe
End plate	: Std scott Osmond rotating triple labyrin th.taconit
Gear motor	: 2,2 kw x 50 rpm size 44 mm borrow MC kay fitted with 380 V/50 Hz Ø 3 tefe, IP55, flane MTD Toshiba motor
Drive	: 19 T/38 x 1” pitch
Spiral speed	: Simplex finner taperlock SPR
Level of fill	: 70%
Weight (empety)	: 900 kg/Approx

SLAT CONVEYOR DUST

Length	: 21130 veral
Throught	: 600 heght LA/PLJ 1090 widel (I/S)
Conveyor slate	: 284 lingsk/cham pich 6”
Conveyor slate	: 73
Snub whell free	: 469.4 PCD 19 feeth
Snub whell key	: 469.4 PCD 19 feeth
Drive whell	: 469.4 PCD 19 feeth
Drive shaft	: 1,33 rpm
Chain velocity	: 1,96 m/min
Motor	: 7,5 kw
Gear box	: MC.kay Barlow
Model	: 26 m
Motorized worm gear model	: MI 80 F

26. SHOOT BLOWER

Retral table Tipe	
Location	: Furnace
Number	
Mark	: 1 x 10
Rate medium consumption	: 108 kg/min
Pressure	: 17,5 kg/L1/C
Temperature	: 211 ⁰ c
Nozzle	: Single
Rotary Tipe/location	: Main Bank
Number : merk	: 5/L1/C
Nozzle	: 27 x 11 32”
Pressure	: 18,5 kg/cm ²
Temperature	: 211 ⁰ c
Steam consumption	: 112 kg/min

27. BLOW DOWN TANK DAN VENT PIPA

A. Blow down tank	
Material	: AS/1548-1-400
OP press	: 3,6 kg/cm ²
OP press	: 150 ⁰ c
ID	: 129 mm
H	: 2000 mm
Thick	: 10 mm
Design to	: AS/1210-1972
B. Vent Tipe	
Diameter	: 200 mm NB

28. DEAERATOR

1. Deaerator output
 - Quality : 30000 kg/h
 - Temperature : 105⁰c
 - Press : 20 Kpa
2. Deaerator
 - Quantity : 28720 kg/h
 - Temperature : 80⁰c
3. Steam
 - Quantity : 1280 kg/h
 - Temperature : 206⁰c
 - Press : 600 Kpa
4. Deaerator Head Details
 - Size : Ø 1067 x 1000
 - Sheel thickness : 10 mm
 - Spry chamber : Internal Tipe
 - No.of spray nozzle : 4
 - Size of nozzle : JTA no.4
5. Deaerator storage vassel details
 - Size : Ø 1524 x 4000 mm
 - Sheet thicknees : 10 mm
 - End thicknes : 10 mm
 - Volume AT N.W.L : 5 m³
6. Painting Details
 - Spry head
 - Surface preparations : Blas Olean
 - Paint Tipe : Apexiar NSA 25
7. Storage Vassel
 - Surface preparation : Blas Olean S.A.2,5
 - Paint Tipe : Apexiar no.1
8. Deaerator Intrnal Details
 - Steam inner diameter : 150 mm
 - Steam outer diameter : 250 mm
 - Size of steam scrubber holes : 10 mm
 - No of holes : 30 mm continue AT Bottom
 - Deaerator down taka/outlet pipa : 150 mm

29. AIR HEATER

- Tube accros : 36
- Tube deep : 23
- Tube number : 858
- OD THK x L (mm) : 63,5 x 26 1920
- Tube plate thickness
- Top : 12 mm
- Bottom : 20 mm
- No.of gas passed : 1
- No.of air passed : 1
- Heating surface : 314 m³

30. WATER TREATMENT PLANT

- Jumlah : 1 unit, kap 20 m³/jam
- Maker : PT TRISULA ABADI 1993

Hardness in/out

1. Filter sand tank

Jumlah : 2 buah
 Tipe : Cylinder double ball front
 Ukuran : Ø 1600 x 18000 mm
 Material : Mild steel SS 41 = 8 mm
 Screen : Sanannet-screen 0,3/4
 Chemical : Sand filter

2. Softener tank

Jumlah : 2 buah
 Tipe : Cylinder double ball front
 Ukuran : Ø 1000 x 1524 mm
 Material : Mild steel SS 41 = 8 mm
 Chemikal : Sand filter
 Screen : Sanannet-screen 0,3/4

3. Centrifugal tank

Jumlah : 2 buah
 Tipe : Centrifugal
 Kapasitas : 25 m³/jam
 Head : 25 mka
 Material : Casing =cast iron, impeller =brons, shaft=SS
 Penggerak : Motor listrik
 Daya : 220-380 V/50 Hz/1500 rpm

4. Tangki NaCl 28 ltr

Tipe dan Ukuran : Cylinder Ø 600 x 1000 mm
 Material : Mild stell SS 41 = 6 mm

5. pompa NaCl

Tipe : Diapharagma pump
 Kapasitas : 10 ltr/jam
 Adjustable : 0-100%

6. Compresor udara

Tipe,kapasitas,pressure : Portable plunyer comp, 310 ltr/jam, 5 kg/cm²

31. HOT WELL TANK

Pemakaian : Pengisi utama ketel
 Volume
 Dimensi : Ø 2500 x 6000 mm
 Material : Steel plat 1/4"
 Bentuk : Horizontal tank
 Tekanan : Alam
 buatan : PT Mastodon

32. TANGKI AIR 1000

Buatan : PT EMARDE 1978
 Jumlah : 1 buah
 Diameter : Ø 13640 (13580 mm)
 Tinggi luapan : 8620 (7620 x 1000)
 Saluran masuk : Ø 4"
 Saluran keluar : Ø 6"
 Bahan : Plat Yzer
 Volume : 1000 m³
 Tinggi dasar : ± 500 mm
 Tebal dinding : 1/4"



Tebal dasar : 3/8"

33. CONDENSAT CHECKING PLANT

Buatan : PT Siemens Indonesia

Jumlah : 1 unit

Spesifikasi umum

Kapasitas :
 Fungsi : memisahkan condens baik dengan yang tercemar
 Kepekaan : 2 micro stemen thd kadar gula dalam condens
 System kerja : Full automatic, manual via panel, manual via hand drive control valve

34. SENTRAL CONTROL PANEL

- 1. On-off switch with lamp : 1 buah
- 2. Pressure indicator with limit valve monitor : 1 buah
- 3. Time regulator : 1 buah
- 4. Reset alarm
- 5. Selector switch with lamp auto-man : 6 buah
- 6. Precision meter, gr sugar/m³, water : 6 buah
- 7. Indicating lamp and switch for manual operations : 12 buah
- 8. Central power switch : 1 buah
- 9. Wall socket
- 10. Photo flex control cable : 6 x 200 m
- 11. CU pipe : 6 x 200 m

Lampiran 2. Reability ketel dengan preventive maintenance 7 hari atau 168 jam

Day	t	Rt	n	T	(t-nT)	R(T)^n	R(t-nT)	Rm(t)
1	24	0,5246	0	168	24	1	0,5246	0,5246
2	48	0,35725	0	168	48	1	0,35725	0,35725
3	72	0,25851	0	168	72	1	0,25851	0,25851
4	96	0,19353	0	168	96	1	0,19353	0,19353
5	120	0,14824	0	168	120	1	0,14824	0,14824
6	144	0,1155	0	168	144	1	0,1155	0,1155
7	168	0,09119	1	168	0	0,09119	1	0,09119
8	192	0,07277	1	168	24	0,09119	0,5246	0,04784
9	216	0,0586	1	168	48	0,09119	0,35725	0,03258
10	240	0,04756	1	168	72	0,09119	0,25851	0,02357
11	264	0,03886	1	168	96	0,09119	0,19353	0,01765
12	288	0,03194	1	168	120	0,09119	0,14824	0,01352
13	312	0,02639	1	168	144	0,09119	0,1155	0,01053
14	336	0,0219	2	168	0	0,00831	1	0,00831
15	360	0,01826	2	168	24	0,00831	0,5246	0,00436
16	384	0,01528	2	168	48	0,00831	0,35725	0,00297
17	408	0,01284	2	168	72	0,00831	0,25851	0,00215
18	432	0,01082	2	168	96	0,00831	0,19353	0,00161
19	456	0,00915	2	168	120	0,00831	0,14824	0,00123
20	480	0,00775	2	168	144	0,00831	0,1155	0,00096
21	504	0,00659	3	168	0	0,00076	1	0,00076
22	528	0,00562	3	168	24	0,00076	0,5246	0,0004
23	552	0,0048	3	168	48	0,00076	0,35725	0,00027
24	576	0,00411	3	168	72	0,00076	0,25851	0,0002
25	600	0,00352	3	168	96	0,00076	0,19353	0,00015
26	624	0,00303	3	168	120	0,00076	0,14824	0,00011
27	648	0,00261	3	168	144	0,00076	0,1155	8,8E-05
28	672	0,00225	4	168	0	6,9E-05	1	6,9E-05
29	696	0,00194	4	168	24	6,9E-05	0,5246	3,6E-05
30	720	0,00168	4	168	48	6,9E-05	0,35725	2,5E-05

Lampiran 3. Reliability ketel dengan preventive maintenance 15 hari atau 360 jam

Day	t	Rt	n	T	(t-nT)	R(T) ⁿ	R(t-nT)	Rm(t)
1	24	0,5246	0	360	24	1	0,5246	0,5246
2	48	0,35725	0	360	48	1	0,35725	0,35725
3	72	0,25851	0	360	72	1	0,25851	0,25851
4	96	0,19353	0	360	96	1	0,19353	0,19353
5	120	0,14824	0	360	120	1	0,14824	0,14824
6	144	0,1155	0	360	144	1	0,1155	0,1155
7	168	0,09119	0	360	168	1	0,09119	0,09119
8	192	0,07277	0	360	192	1	0,07277	0,07277
9	216	0,0586	0	360	216	1	0,0586	0,0586
10	240	0,04756	0	360	240	1	0,04756	0,04756
11	264	0,03886	0	360	264	1	0,03886	0,03886
12	288	0,03194	0	360	288	1	0,03194	0,03194
13	312	0,02639	0	360	312	1	0,02639	0,02639
14	336	0,0219	0	360	336	1	0,0219	0,0219
15	360	0,01826	1	360	0	0,01826	1	0,01826
16	384	0,01528	1	360	24	0,01826	0,5246	0,00958
17	408	0,01284	1	360	48	0,01826	0,35725	0,00652
18	432	0,01082	1	360	72	0,01826	0,25851	0,00472
19	456	0,00915	1	360	96	0,01826	0,19353	0,00353
20	480	0,00775	1	360	120	0,01826	0,14824	0,00271
21	504	0,00659	1	360	144	0,01826	0,1155	0,00211
22	528	0,00562	1	360	168	0,01826	0,09119	0,00167
23	552	0,0048	1	360	192	0,01826	0,07277	0,00133
24	576	0,00411	1	360	216	0,01826	0,0586	0,00107
25	600	0,00352	1	360	240	0,01826	0,04756	0,00087
26	624	0,00303	1	360	264	0,01826	0,03886	0,00071
27	648	0,00261	1	360	288	0,01826	0,03194	0,00058
28	672	0,00225	1	360	312	0,01826	0,02639	0,00048
29	696	0,00194	1	360	336	0,01826	0,0219	0,0004
30	720	0,00168	2	360	0	0,00033	1	0,00033

Lampiran 4. Rekap Jam Berhenti Tahun 2013-2017

Rekap Jam Berhenti Tahun 2013

No.	STASIUN	PERIODE											JUMLAH JAM BERHENTI
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	Ketel												
	Uap drop	5,35	63,72	10,33	15,60	6,73	18,60	14,15	8,83	25,60	5,20	27,02	201,13
	Kerusakan alat	15,42	5,93	0	0	0	0	0	0	5,77	0	11,9667	39,08
	Total JB Ketel												240,21
2	Gilangan	43,07	10,02	2,74	21,81	1,90	20,35	16,80	23,60	10,93	3,40	5,92	160,53
3	Pabrik Tengah	9,32	0	0	6,11	1,00	0,73	5,19	14,83	3,33	3,63	1,75	45,89
4	Listrik	7,49	0	0	0	0	0,71	7,43	1,75	8,83	0	2,92	29,13
5	Proses	4,33	0	0	0	0	0	1,91	0	0,52	0	0	6,76
6	Lain - Lain						10,515			8,48			19,00
	Total jam berhenti (B)	84,97	79,67	13,07	43,51	9,63	50,90	45,48	49,02	63,47	12,23	49,57	501,52
7	Luar Pabrik (A)	28,95	94,57	21,478	27,07	259,13	33,20	1,96	1,00	26,32	106,82	135,717	736,22
	Total jam berhenti (A +B)	198,90	253,91	47,62	114,10	278,38	135,00	92,93	99,03	153,25	131,283	234,850	1.237,74

Rekap Jam Berhenti Tahun 2014

No.	STASIUN	PERIODE												JUMLAH JAM BERHENTI
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Ketel	0,00	0	0,00	21,17	0	0,00	0,00	0,33	4,77	4,25			30,52
2	Gilingan	23,33	12,25	2,42	6,67	11,10	5,10	3,93	11,90	2,08	12,35			91,13
3	Pabrik Tengah	2,08	3,67	6,55	1,35		2,50	0,62	11,42	0,00	6,17			34,35
4	Listrik	0,00	2,00	0	7,95	0,87	0,85	0,00	1,80	3,00	5,10			21,57
5	Proses	1,28	3,93	0	0,00	0,00	0	2,00	0,52	0,00				7,73
6	Puteran										7,17			
7	Luar Pabrik	39,38	38,82	0	169,60	181,70	0,00	0,00	0,00	118,67	55,45			603,62
	Total jam berhenti	66,08	60,67	8,97	185,57	193,67	8,45	6,55	25,97	128,52	90,48			788,92

Rekap Jam Berhenti Tahun 2015

No.	STASIUN	PEERIODE									JUMLAH JAM BERHENTI
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Jam giling	307,54	294,15	171,67	342,94	363,56	356,04	309,27	332,72	185,10	2662,99
1	Ketel	18,87	0,00		0,67			1,00			20,53
2	Gilingan	13,07	1,55		8,92	5,30	2,38	0,83	2,88	9,60	44,53
3	Pabrik Tengah	10,88	0,55				1,03	0,50			12,97
4	Listrik	4,00	1,25	2,78		13,25		3,23	1,37		25,88
5	Proses	3,12	0,00		1,12	1,88	0,22			2,00	8,33
6	Lain Lain B	46,85	0,00		5,70					7,12	59,67
7	Luar Pabrik A	1,68	62,50	209,57	0,67		0,33	45,17	23,02	16,27	359,20
	Total jam berhenti B	96,78	3,35	2,78	16,40	20,43	3,63	5,57	4,25	18,72	171,92
	Total jam berhenti A	1,68	62,50	209,57	0,67	0,00	0,33	45,17	23,02	16,27	359,20
	Total jam berhenti A+ B	98,47	65,85	212,35	17,07	20,43	3,97	50,73	27,27	34,98	531,12

Rekap Jam Berhenti Tahun 2016

No.	STASIUN	PERIODE						JUMLAH JAM BERHENTI
		1	2	3	4	5	6	
	Jam Giling	213,626	266,48	277,92	276,91	227,14	275,41	1537,49
1	Ketel	9,85	6,38	1,00				17,23
2	Gilingan	22,17	5,90	5,15	1,50			34,72
3	Pemurnian	2,12		0,50				2,62
3	Penguapan					1,00	1,00	2,00
3	Masakan			0,80				0,80
4	Listrik			0,75				0,75
5	Proses (b2)	13,53				1,00		14,53
6	Lain Lain B 3	2,40			23,17			25,57
	Jam B Alat	34,13	12,28	8,20	1,50	1,00		56,12
	Total jam berhenti B	50,07	12,28	8,20	24,67	2,00	0,00	97,22
7	Luar Pabrik A	110,03	465,22	73,87	82,45	130,87	135,07	997,50
	Total jam berhenti A	110,03	465,22	73,87	82,45	130,87	135,07	997,50
	Total jam berhenti A+ B	160,10	477,50	82,07	107,12	132,87	135,07	1092,92

Rekap Jam Berhenti Tahun 2017

No.	STASIUN	PERIODE						JUMLAH JAM BERHENTI
		1	2	3	4	5	6	
	Jam Giling	246,5	336,5	355,29	296,43	288,48		1523,20
1	Ketel	0,25	1,00			0,2		1,45
2	Gilingan	4,67	2,67	4,50	2,47	1,32		15,62
3	Pemurnian	-						
3	Penguapan	-						
3	Masakan	-						
4	Listrik	11,00		0,50				11,50
5	Proses (b2)	4,52						4,52
6	Lain Lain B 3	6,07				8,00		14,07
	Jam B Alat	15,92						15,92
	Total jam berhenti B	26,50	3,67	5,00	2,47	9,52	0,00	47,15
7	Luar Pabrik A	10,93	19,87	23,73	61,10	41,37		157,00
	Total jam berhenti A+ B	37,44	23,53	28,73	63,57	50,88		204,15

