



TUGAS AKHIR - ME184834

**IMPLEMENTASI METODE RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE (RCM) II PADA CLOSE COOLING
WATER SYSTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP**

**ENGGAR DYWARI SUMINTA
NRP. 0421164000022**

**Dosen Pembimbing
Nurhadi Siswanto, S.T., M.T.
Ir. Dwi Priyanta, M.SE.**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**



TUGAS AKHIR - ME184834

**IMPLEMENTASI METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM)
II PADA CLOSE COOLING WATER SYSTEM PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA UAP**

Enggar Dywari Suminta
0421164000022

Dosen Pembimbing
Nurhadi Siswantoro, S.T., M.T.
Ir. Dwi Priyanta, M.SE..

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BACHELOR THESIS - ME184834

**IMPLEMENTATION OF RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE METHOD
(RCM) II ON CLOSE COOLING WATER SYSTEM IN STEAM POWER PLANT**

Enggar Dywari Suminta
0421164000022

Supervisors:
Nurhadi Siswantoro, S.T., M.T.
Ir. Dwi Priyanta, M.SE..

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI METODE *RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE* (RCM) II PADA *CLOSE COOLING WATER SYSTEM* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Digital Marine Operation and Maintenance* (DMOM)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

ENGGAR DYWARI SUMINTA
NRP. 0421164000022

Disetujui oleh
Pembimbing Tugas Akhir:

Nurhadi Siswanto, S.T., M.T.
NIP. 1992201711049

()

Ir. Dwi Priyanta, M.SE.
NIP. 196807031994021001

()

SURABAYA
JULI, 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) II PADA CLOSE COOLING WATER SYSTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Digital Marine Operation and Maintenance* (DMOM)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Penulis:

Enggar Dywari Suminta

NRP. 04211640000022

Disetujui Oleh,

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 197903192008011008

SURABAYA

AGUSTUS, 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

IMPLEMENTASI *METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) II* PADA *CLOSE COOLING WATER SYSTEM* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP

Nama Mahasiswa : Enggar Dywari Suminta
NRP : 0421164000022
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Nurhadi Siswanto, S.T, M.T.
2. Ir. Dwi Priyanta, M.SE.

ABSTRAK

Proses produksi listrik pada suatu pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) ditunjang oleh beberapa peralatan utama dan penunjang yang beroperasi secara terus-menerus. Dalam operasionalnya setiap peralatan yang beroperasi memerlukan sistem pendingin. *Close cooling system* merupakan salah satu sistem yang berfungsi memastikan pasokan air pendingin dapat terus didistribusikan dan memastikan bahwa proses produksi tidak menyebabkan peralatan atau produk terlalu panas, yang mana dapat berakibat kerusakan pada peralatan dan mempengaruhi proses produksi akibat *downtime* perbaikan. Selain itu diketahui dampak dari tidak adanya air pendingin, suatu pembangkit dapat menyebabkan *blackout* atau *shutdown* yang tidak terjadwal. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis penyebab kerusakan, dampak yang ditimbulkan serta penentuan *maintenance task* yang sesuai dan efektif. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi potensi kegagalan, menentukan *maintenance task* dan menentukan *maintenance schedule* yang optimal pada *close cooling system* pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dengan menggunakan RCM II sebagai *guide line* penulisan. Hasil analisa pada *close cooling pump, heat exchanger, expansion tank, flow minimum valve* dan *level control valve* didapatkan total 155 *failure mode*, dimana 73% dari total *failure mode* teridentifikasi sebagai *evident failure* dan 27% teridentifikasi sebagai *hidden failure*. Sedangkan hasil rekomendasi *maintenance task* didapatkan total 155 *maintenance task* dimana terdiri dari 5 kategori *maintenance task* yaitu *schedule on condition task* berjumlah 88 (56,77%), *schedule restoration task* berjumlah 38 (24,52%), *schedule discard task* berjumlah 20 (12,9%), *schedule finding failure* berjumlah 3 (1,94%) dan *no schedule maintenance* berjumlah 6 (3,87%). Hasil analisa dan rekomendasi *maintenance task*, ditulis dan dirangkum dalam *work package* tiap interval untuk dilakukan *maintenance*.

Kata Kunci: Close cooling system, RCM, FMEA and Maintenance Task

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

IMPLEMENTATION OF RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE METHOD (RCM) II ON CLOSE COOLING WATER SYSTEM IN STEAM POWER PLANT

Name of Student : Enggar Dywari Suminta
Student ID Number : 04211640000022
Department : Teknik Sistem Perkapalan
Supervisor : 1. Nurhadi Siswanto, S.T, M.T.
2. Ir. Dwi Priyanta, M.SE.

ABSTRACT

The process of electricity production in a steam power plant is supported by some of the main and supporting equipment that operate continuously. In operation every equipment that operates requires cooling system. The Close cooling system is one of the systems that functioned to ensure the cooling water supply can be continuously distributed and ensure that the production process does not cause the equipment or products to overheat, which can result in damage to the equipment and affect the production process due to downtime repair. In addition, it is known to impact the absence of cooling water, a plant can cause an unscheduled blackout or shutdown. Reliability Centered Maintenance (RCM) is one of the methods that can be used to analyze the cause of damage, impact caused and determination of appropriate and effective maintenance task. The purpose of this research is to identify potential failures, determine the maintenance task and determine the optimal maintenance schedule in close cooling system of steam power plant by using RCM II as a writing guide line. The results of analysis on close cooling pump, heat exchanger, expansion tank, minimum flow valve and level control valve obtained total 155 failure mode, where 73% of total failure mode identified as evident failure and 27% identified as hidden failure. While the results of the maintenance task recommendation obtained a total of 155 maintenance task which consists of 5 maintenance task categories. They are 88 (56.77%) of total failure mode recommendation to schedule on condition task, 38 (24.52%) schedule restoration task, 20 (12.9%) schedule discard task, 3 (1.94%) schedule finding failure and 6 (3.87%) of total failure mode recommendation to no schedule maintenance. Then the results of analysis and maintenance task recommendation are written and summarized in the work package of each interval for maintenance.

Keyword: Close cooling system, RCM, FMEA and Maintenance Task

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir (skripsi) yang berjudul “Implementasi Metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II pada *Close Cooling Water System* Pembangkit Listrik Tenaga Uap”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi mata kuliah Tugas Akhir dan salah satu syarat untuk dapat menerima gelar Sarjana Teknik dari Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Proses penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Sugiyono dan Ibu Amintarti selaku orang tua yang telah memberikan bantuan doa, nasihat, semangat, dan fasilitas untuk menyelesaikan tugas akhir.
2. Bapak Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph. D selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan, FTK, ITS, beserta jajaran.
3. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T, M.T, selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan arahan dan bimbingan serta motivasi selama penyusunan laporan tugas akhir ini hingga selesai.
4. Bapak Ir. Dwi Priyanta, M.SE selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini.
5. Bapak Ir. Amiadji, M.Sc sebagai dosen wali, yang selama 8 semester telah memberikan dukungan dan masukan.
6. Keluarga besar laboratorium *Digital Marine Operation and Maintenance* (DMOM) Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS..
7. Teman-teman Voyage '16, yang telah memberikan bantuan doa dan semangat
8. Serta pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu per satu yang telah memberikan dukungan semangat dan bantuannya baik teknis maupun non teknis dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak ditemukan kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat berharap segala bentuk saran dan kritik yang konstruktif guna penyempurnaan laporan tugas akhir ini. Akhirnya penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak-pihak yang membutuhkan, baik sebagai referensi kegiatan penelitian maupun pengembangan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang.

Surabaya, 24 Juli 2020

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Kontribusi	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
2.1. Ikhtisar Permasalahan.....	5
2.2. Dasar Teori	7
2.2.1. <i>Cooling Water System</i>	7
2.2.2. Komponen Utama <i>Cooling Water System</i>	10
2.3. <i>Maintenance</i>	13
2.4.1. Klasifikasi <i>Maintenance</i>	13
2.4.2. Perkembangan Metode <i>Maintenance</i>	16
2.4. <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>	19
2.4.1. Definisi RCM	19
2.4.2. Sejarah RCM	20
2.4.3. <i>Success Story of RCM</i>	21
2.4.4. 7 Pertanyaan Dasar RCM	24
2.4.5. Tujuan Utama RCM	26
2.4.6. Tahapan Metode <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	39
3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	41
3.2. Studi Literatur dan Studi Lapangan.....	41
3.3. Menentukan Sistem dan Pengumpulan Data	41
3.4. Mendefinisikan Batasan Sistem.....	42
3.5. Mendeskripsikan Sistem dan <i>Functional Block Diagram (FBD)</i>	42
3.6. Menentukan Fungsi Sistem (<i>Function</i>) dan Kegagalan Fungsional (<i>Functional Failure</i>)	42
3.7. <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	43
3.8. <i>Logic Tree Analysis (LTA)</i> dan Menentukan <i>Maintenance Task</i>	44
3.9. <i>Maintenance Schedule</i>	46
3.10. <i>Work package</i> / Inspeksi.....	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1. Analisa RCM.....	47
4.2. Menentukan Sistem dan Pengumpulan Data	47

4.3. <i>Asset Register</i> dan <i>Asset Hierarchy</i>	48
4.4. Menentukan Definisi Batasan Sistem.....	48
4.5. Mendeskripsikan Sistem dan <i>Function Block Diagram</i> (FBD).....	50
4.5.1. Deskripsi Sistem.....	50
4.5.2. <i>Functional Block Diagram</i> (FBD).....	50
4.6. Analisa Fungsi, Kegagalan Fungsi dan <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	52
4.7. <i>Logic Tree Analysis (LTA) and Maintenance Task Selection</i>	54
4.7.1. <i>Logic Tree Analysis (LTA)</i>	54
4.7.2. <i>Maintenance Task Selection/Proposed Task</i>	56
4.7.3. <i>Initial Interval/ Maintenance Schedule</i>	57
4.7.4. <i>Can be done by</i>	57
4.8. <i>Work package</i>	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1. Kesimpulan.....	59
5.2. Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Proyeksi Konsumsi Listrik Perkapita Indonesia 2018-2027	1
Gambar 1. 2. Kapasitas Pembangkit Listrik Nasional Menurut Jenisnya	2
Gambar 2. 1. Kebutuhan Air pada Pembangkit Listrik Berdasarkan Jenisnya	5
Gambar 2. 2. <i>Shutdown</i> akibat <i>Cooling Water</i>	6
Gambar 2. 3. Planned and Forced Shutdown	7
Gambar 2. 4. <i>Type Cooling Water System</i>	8
Gambar 2. 5. <i>Close cooling system</i>	9
Gambar 2. 6. <i>Open Cooling System</i>	10
Gambar 2. 7. <i>Once-Through Cooling System</i>	10
Gambar 2. 8. <i>Expansion Tank</i>	11
Gambar 2. 9. <i>Close Cooling Pump</i>	12
Gambar 2. 10. <i>Heat Exchanger</i>	12
Gambar 2. 11 Jenis <i>Maintenance</i>	14
Gambar 2. 12. Perkembangan Metode <i>Maintenance</i>	17
Gambar 2. 13 Tahapan Proses Implementasi RCM	28
Gambar 2. 14. Contoh <i>Functional Block Diagram</i> (FBD).....	30
Gambar 2. 15 <i>Flowchart Logic Tree Analysis</i> (LTA).....	32
Gambar 2. 16 <i>Six Classic Failure Rate Patterns</i>	34
Gambar 2. 17. <i>Task Selection Age Related Failure</i>	35
Gambar 2. 18 P-F interval.....	36
Gambar 2. 19 <i>Flowchart Penentuan Default Actions</i>	37
Gambar 3. 1. <i>Flowchart Diagram Pengerjaan</i> (1).....	39
Gambar 3. 2. <i>Flowchart Diagram Pengerjaan</i> (2).....	40
Gambar 3. 3 <i>Decision Diagram RCM II</i>	45
Gambar 4. 1. PFD <i>Close cooling system</i>	49
Gambar 4. 2. FBD <i>Close cooling system</i>	51
Gambar 4. 3. <i>Logic Tree Analysis RCM II</i>	55
Gambar 4. 4. <i>Hidden vs Evident Failure</i>	56
Gambar 4. 5. Hasil <i>Task Selection</i>	57

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Perbedaan Metode <i>Maintenance</i>	18
Tabel 2. 2 Perbedaan RCM dan RCM II.....	21
Tabel 2. 3. <i>Success Story of RCM</i>	22
Tabel 3. 1. Hasil Studi	41
Tabel 3. 2. <i>Function and Functional Failure</i>	43
Tabel 3. 3. Template RCM II <i>Information Worksheet</i>	44
Tabel 4. 1. <i>Asset Register Close cooling system</i>	48
Tabel 4. 2. RCM II <i>Information Worksheet</i> pada <i>Close Cooling Pump</i>	53
Tabel 4. 3. <i>RCM II Decision Worksheet</i>	55
Tabel 4. 4. <i>Work package</i>	58
Tabel 5. 1. <i>Summary of Maintenance Task</i>	59

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini akan diberikan penjelasan mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan manfaat dalam penelitian ini.

1.1 Latar Belakang

Konsumsi listrik nasional terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Diproyeksikan kebutuhan listrik nasional akan mengalami peningkatan dengan pertumbuhan rata-rata 6,86 % selama 10 tahun ke depan. Dimana hal tersebut didorong oleh beberapa faktor utama yaitu pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan pendudukan dan peningkatan elektrifikasi nasional. Berdasarkan data yang dihimpun dari Rencana Usaha Pengadaan Tenaga Listrik (RUPTL) oleh PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) tahun 2018-2027, menunjukkan bahwa konsumsi listrik nasional pada tahun 2018 yaitu sebesar 905 Kilo Watt hour (kWh)/kapita. Dimana angka tersebut diproyeksikan akan meningkat menjadi 1.147 kWh/kapita pada 2022 dan terus naik menjadi 1.501 kWh/kapita pada akhir 2027¹.

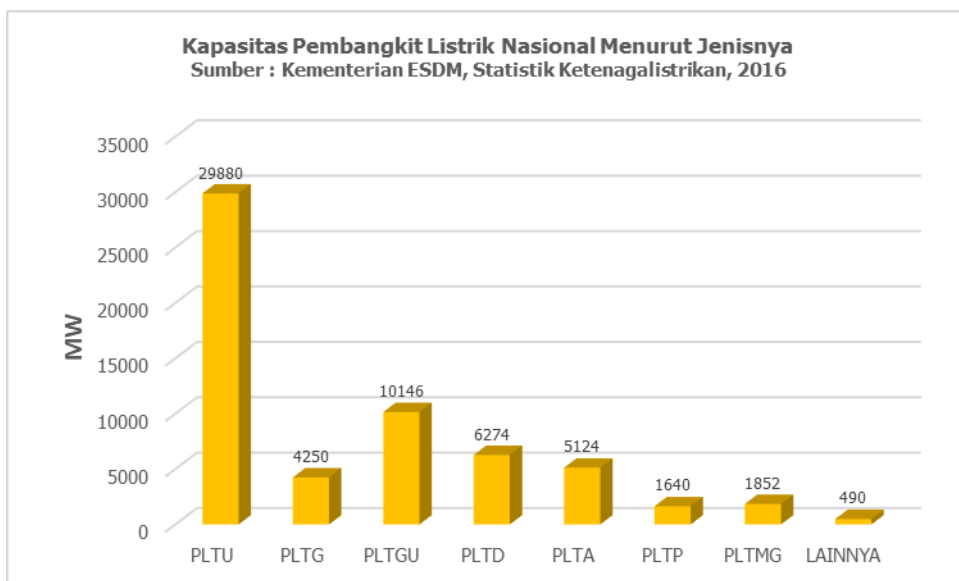


Gambar 1. 1. Proyeksi Konsumsi Listrik Perkapita Indonesia 2018-2027
(Sumber: PT PLN (Persero), 2018)

Diketahui berdasarkan data statistik ketenagalistrikan Indonesia yang dikeluarkan oleh Kementerian ESDM pada tahun 2016, menunjukkan bahwa Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) mendominasi jumlah kapasitas pembangkit listrik di

¹ PT PLN (Persero), 2018. *Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2018-2027*. Jakarta : PT Perusahaan Listrik Negara (Persero).

Indonesia dengan kapasitas pembangkit per Desember 2016 mencapai 29.880 MW atau setara dengan 50 persen dari total kapasitas pembangkit yang terpasang sebesar 59.656 MW².



Gambar 1. 2. Kapasitas Pembangkit Listrik Nasional Menurut Jenisnya
(Sumber: Kementerian ESDM, 2016)

Dalam upaya pemenuhan kebutuhan listrik, suatu PLTU dituntut untuk melakukan produksi secara kontinu setiap harinya. Proses produksi listrik pada PLTU ditunjang oleh beberapa sistem yang ada di dalamnya. Salah satu sistem yang penting yang dapat menunjang proses produksi adalah sistem pendingin air (*Cooling Water System*). Sistem pendingin air (*Cooling Water System*) berfungsi menyediakan pendinginan menggunakan air untuk mengontrol suhu dan tekanan dengan memindahkan fluida panas dari proses produksi ke sistem air pendingin. Kebutuhan air pendingin (*cooling water*) pada industri pembangkit listrik merupakan kebutuhan utama. Dimana dalam hal ini *cooling water system* diketahui merupakan sistem yang paling penting untuk memastikan pasokan air pendingin secara terus-menerus baik untuk kondensasi uap di kondensor maupun untuk peralatan lainnya dan juga secara fungsi untuk memastikan bahwa proses produksi tidak menyebabkan peralatan atau produk tidak terlalu panas dikarenakan proses produksi yang berlangsung secara terus-menerus, yang mana dapat berakibat kerusakan pada peralatan tersebut dan mempengaruhi proses produksi. Oleh karena itu, sistem pendingin air (*cooling water system*) pada pembangkit listrik dalam hal ini merupakan sistem yang harus dijaga agar tetap dapat beroperasi secara optimal yakni dengan melakukan pemeliharaan secara rutin terhadap komponen utama maupun komponen penunjang pada sistem. Terhentinya proses produksi akibat kegagalan pada

² Kementerian ESDM, 2017. *Statistik Ketenagalistrikan 2016*

komponen tentunya akan mengakibatkan kerugian baik dari penurunan produksi perusahaan, kerusakan komponen produksi lainnya, biaya *maintenance* dan dapat mengganggu stabilitas distribusi listrik untuk masyarakat.

Berdasarkan fakta tersebut mengingat pentingnya sistem pendingin air (*cooling water system*) pada proses produksi listrik PLTU, maka itu diperlukan pertimbangan untuk meningkatkan *reliability* dan *availability* dari *equipment* utama dan penunjang sistem tersebut baik dari segi operasional maupun *maintenance*. *Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan yang dapat terjadi dan untuk menentukan perawatan yang tepat serta interval perawatan berdasarkan tingkat kekritisan komponen. Penerapan RCM diharapkan dapat menghasilkan perencanaan perawatan dan interval perawatan yang optimal untuk mencegah kerusakan dari peralatan (asset) yang dapat memberi dampak besar pada sistem operasional peralatan dan dampak pada biaya yang dikeluarkan untuk menangani kerusakannya, menurunkan tingkat *breakdown* dan *downtime* produksi sistem.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengidentifikasi potensi kegagalan yang dapat terjadi pada komponen *close cooling water system* dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) sesuai dengan RCM II?
2. Bagaimana menentukan *maintenance task* yang sesuai pada komponen *close cooling water system* berdasarkan *decision diagram* pada RCM II?
3. Bagaimana menentukan *maintenance schedule* yang optimal pada komponen *close cooling water system*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi potensi kegagalan yang dapat terjadi pada komponen *close cooling water system* dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) sesuai dengan RCM II
2. Menentukan *maintenance task* yang sesuai pada komponen *close cooling water system* berdasarkan *decision diagram* pada RCM II
3. Menentukan *maintenance schedule* yang optimal pada komponen *close cooling water system*

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan perumusan masalah tersebut, adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Proses analisis RCM pada penelitian ini menggunakan standar RCM II oleh John Moubray sebagai acuan dalam penulisan.
2. Objek pada penelitian ini adalah komponen *close cooling water system* pada PLTU Unit 7.
3. Dalam penelitian ini tidak dilakukan analisa perhitungan biaya operasional dan *maintenance*.

1.5 Kontribusi

Adapun kontribusi yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

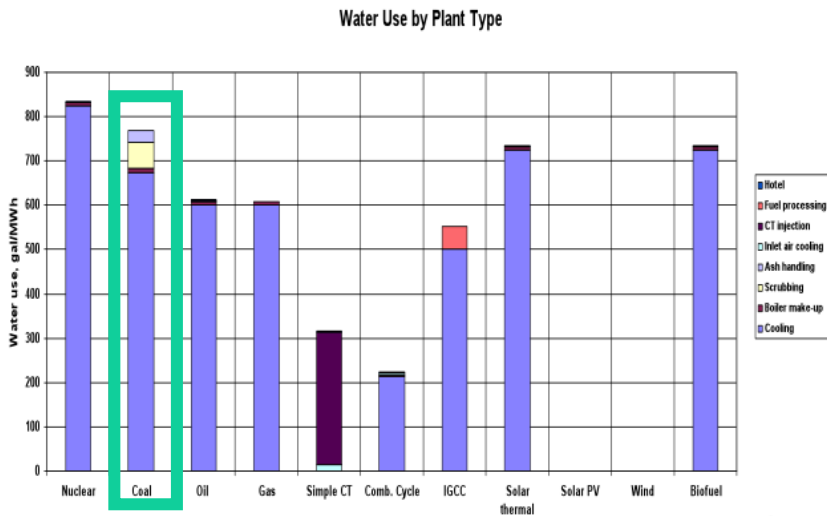
1. Memberikan informasi terkait hasil analisis menggunakan RCM II pada komponen *close cooling water system*.
2. Memberikan rekomendasi strategi dan penjadwalan *maintenance* yang tepat dan optimal pada komponen *close cooling water system*.
3. Sebagai database yang komprehensif untuk dapat membantu staff/pekerja baru yang kurang berpengalaman dalam menjalankan kegiatan *maintenance* pada komponen *close cooling water system*.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Pada bab kajian pustaka ini akan diberikan penjelasan mengenai hasil penelitian terdahulu yang relevan yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian ini serta menjabarkan berbagai teori yang akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini.

2.1. Ikhtisar Permasalahan

Proses produksi listrik pada suatu pembangkit ditunjang oleh beberapa komponen penting. Dimana komponen tersebut beroperasi secara penuh selama proses produksi berlangsung. Proses produksi yang berlangsung secara terus menerus dapat menyebabkan suhu dan tekanan naik pada komponen. Oleh karena itu diperlukan sistem pendinginan pada setiap komponen penunjang produksi. Hal tersebut perlu dilakukan untuk menghindari kerusakan yang dapat terjadi akibat panas berlebih yang dihasilkan dari proses produksi. Dalam hal ini proses pendinginan dapat dilakukan dengan menggunakan air yang disebut dengan *Cooling Water System*. Berdasarkan *Electric Power Research Institute (EPRI)* yang diakses melalui *World Nuclear*, kebutuhan air untuk pendingin pada pembangkit merupakan kebutuhan yang utama, dimana mayoritas kebutuhan air pada pembangkit digunakan untuk sistem pendingin. Pada **Gambar 2.1** dibawah ini menunjukkan konsumsi kebutuhan air pendingin pada PLTU (batubara)³



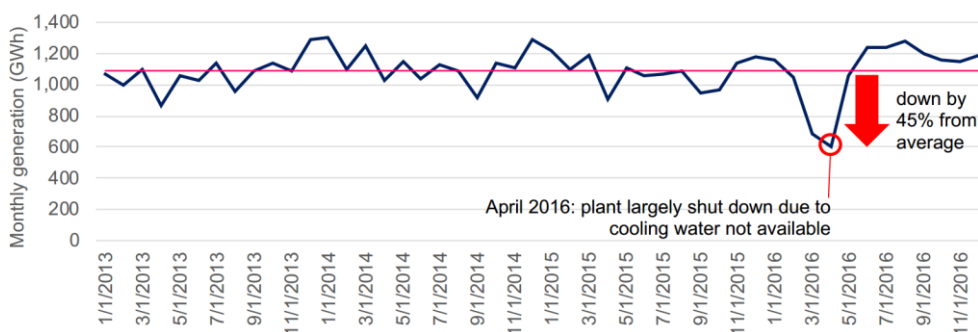
Gambar 2. 1. Kebutuhan Air pada Pembangkit Listrik Berdasarkan Jenisnya
(Sumber: EPRI, 2010)

³ World Nuclear, 2019. *Cooling Power Plants*. Diakses dari <https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/cooling-power-plants.aspx> pada 18 Mei 2020

Oleh karena itu supply dari sistem pendingin pada pembangkit harus tetap beroperasi agar kebutuhan air pendingin dapat terpenuhi. Apabila sistem pendingin (*Cooling Water System*) pada pembangkit tidak dapat beroperasi maka akan menyebabkan⁴:

- 1) Peningkatan thermal pada peralatan secara tiba-tiba akan menyebabkan kerusakan pada peralatan, yang dapat menimbulkan konsekuensi keuangan tertentu dalam hal perlengkapan peralatan atau penggantian.
- 2) Kerusakan peralatan dapat menyebabkan bahaya baik bagi individu maupun lingkungan.
- 3) Dampak dari tidak adanya air pendingin, suatu pembangkit dapat menyebabkan *blackout* atau *shutdown* yang tidak terjadwal, dimana hal tersebut sangat dihindarkan karena:
 - Penurunan pendapatan, penurunan produksi listrik akibat *downtime* dan juga dapat menyebabkan kerugian finansial lainnya seperti biaya *maintenance*.
 - *Blackout* atau *shutdown* yang tidak terjadwal menyebabkan hilangnya kepercayaan customer atau hilangnya reputasi dari pembangkit.

Sebagai contoh kasus *shutdown* akibat sistem pendingin (*Cooling Water System*) pada pembangkit tidak dapat beroperasi pernah terjadi di India tepatnya pada PLTU Frakka. Kejadian tersebut menyebabkan penurunan rata-rata produksi pada pembangkit listrik yang dihasilkan yakni pada tahun 2016 menurun sebesar 45% dari produksi rata-rata. Berikut merupakan data grafik produksi listrik dari tahun 2013-2016⁵



Gambar 2.2. *Shutdown* akibat *Cooling Water*

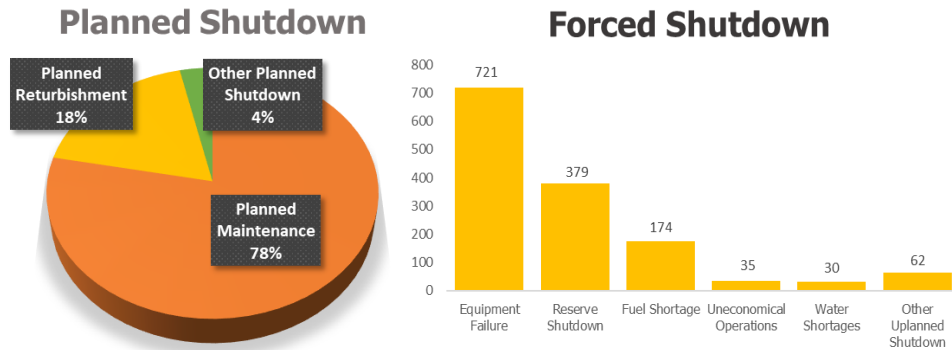
(Sumber: *World Resource Institute*, 2018)

Blackout atau *shutdown* umumnya memang sering terjadi pada suatu pembangkit listrik tenaga uap, sehingga dilakukan banyak penelitian untuk mengetahui penyebabnya.

⁴ Mohammad J. Alsalamah, Ebrahim Shayan, and Mehmet Savsar, ((2006). 'Reliability Analysis of a Cooling Seawater Pumping Station', *International Journal of Quality and Reliability Management*, 670–95

⁵ Deepak Krishnan, 'Energy Finance Conference - India'.

Berdasarkan *World Resource Institute*, menyebutkan bahwa *blackout* atau *shutdown* pada pembangkit dapat dibedakan menjadi 2 yakni *planned shutdown* dan juga *forced shutdown*. **Gambar 2.3** berikut menunjukkan data penyebab *blackout* atau *shutdown* yang dapat terjadi pada pembangkit listrik tenaga uap.



Gambar 2.3. Planned and Forced Shutdown
(Sumber: *World Resource Institute*, 2018)

Berdasarkan **Gambar 2.3** dapat diketahui bahwa *planned shutdown* dapat disebabkan oleh adanya *planned maintenance* sebesar 78%, *planned refurbishment* sebesar 18% dan penyebab lainnya sebesar 4%. Sedangkan *forced shutdown* disebabkan oleh beberapa kategori yakni kerusakan komponen sebesar 721 kasus, *reserve shutdown* sebesar 379 kasus, *fuel shortage* sebesar 174 kasus, *uneconomical operation* sebesar 35 kasus, *water shortage* 30 kasus dan penyebab lainnya sebesar 62 kasus. Kejadian-kejadian seperti ini juga akan memberi kerugian berupa biaya perbaikan pada peralatan yang rusak. Sehingga perlu dilakukan penjadwalan perawatan dan penerapan metode perawatan pada setiap peralatan.

Oleh karena itu berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan pertimbangan untuk meningkatkan *reliability* dan *availability* dari komponen utama dan penunjang sistem pendingin (*Cooling Water System*) tersebut baik dari segi operasional maupun maintenance. RCM diketahui merupakan suatu metode penentuan *maintenance* dan *interval maintenance* yang tepat untuk pembangkit listrik. Salah satu tujuan dilakukannya RCM ini yakni meminimalisir *consequence* yang ditimbulkan dari kegagalan yang terjadi. Dalam konteks ini, untuk meminimalisir kerusakan komponen sistem pendingin agar dapat beroperasi secara optimal serta meminimalisir biaya yang dikeluarkan untuk perbaikan.

2.2. Dasar Teori

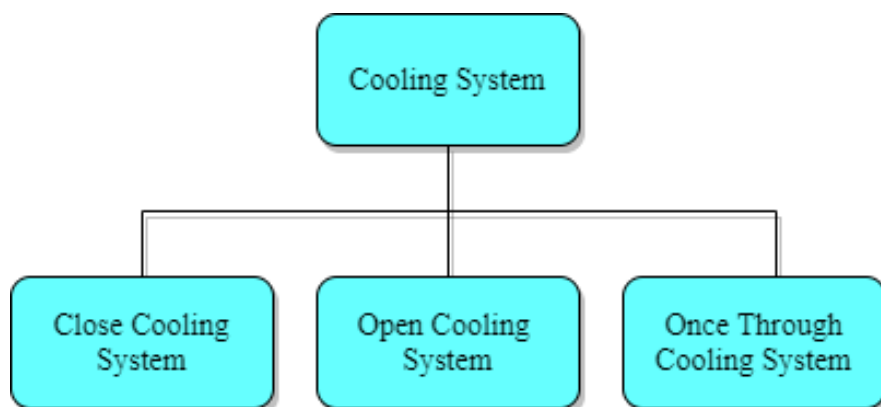
2.2.1. Cooling Water System

Cooling water system dapat didefinisikan sebagai suatu metode yang digunakan untuk menghilangkan panas atau memindahkan panas yang terkandung dalam komponen dan peralatan pada suatu industri dengan menggunakan air. Hal tersebut karena air memiliki panas spesifik tinggi, penguapan yang tinggi, titik didih tinggi dan penggunaan biaya yang rendah. Kebutuhan air pendingin (*cooling water*) pada industri pembangkit listrik merupakan kebutuhan utama. Dimana dalam hal ini *cooling water system* diketahui

merupakan sistem yang paling penting untuk memastikan pasokan air pendingin secara terus-menerus baik untuk kondensasi uap di kondensor maupun untuk peralatan lainnya dan juga secara fungsi untuk memastikan bahwa proses produksi tidak menyebabkan peralatan atau produk tidak terlalu panas dikarenakan proses produksi yang berlangsung secara terus-menerus, yang mana dapat berakibat kerusakan pada peralatan tersebut dan mempengaruhi proses produksi. Pada industri pembangkit listrik air pendingin digunakan untuk berbagai keperluan⁶, yaitu :

- a) Pendingin untuk peralatan proses produksi seperti pompa, kompresor, turbin, kondensor dan *heat exchanger*.
- b) Sebagai media pendingin, air pendingin digunakan untuk mendinginkan oli pelumas.

Adapun beberapa metode sistem pendingin dapat dilihat pada **Gambar 2.4** *Type Cooling Water System*⁷ :



Gambar 2. 4. *Type Cooling Water System*

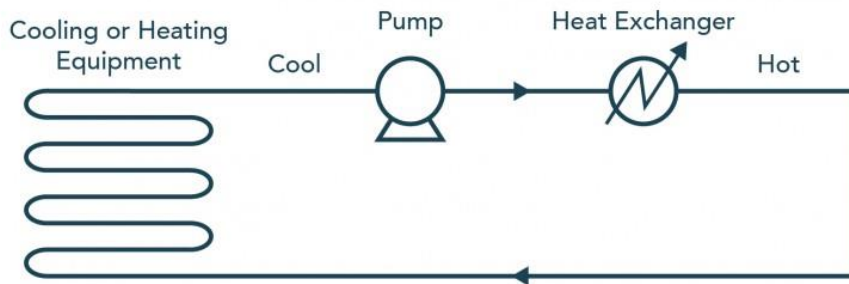
(Sumber : <https://sensorex.com/>)

a) *Close Recirculating System/ Close cooling system*

Dalam sistem pendingin tertutup, panas yang diserap oleh air pendingin dipindahkan ke pendingin lainnya atau dilepaskan ke atmosfer. Sistem pendingin tertutup juga sering disebut sebagai *dry cooling* karena air yang disirkulasikan tidak terpapar ke udara sehingga sangat sedikit air yang hilang. Sistem kerja dari sistem pendingin tertutup yakni udara dingin mengalir melalui serangkaian tabung kecil berisi pendingin yang bersirkulasi. Panas dipindahkan dari cairan panas di dalam tabung ke udara dingin, menghasilkan pendinginan dan siklus akan disirkulasikan secara berulang-ulang.

⁶ P Regucki et al (2016). *Analysis of water management at a closed cooling system of a power plant*. Journal of Physics : Conference Series

⁷ Sensorex, (2018). *3 Types of Cooling Systems and How They Work*. Diakses dari <https://sensorex.com/blog/2018/02/21/how-cooling-towers-work/> pada 18 Mei 2020



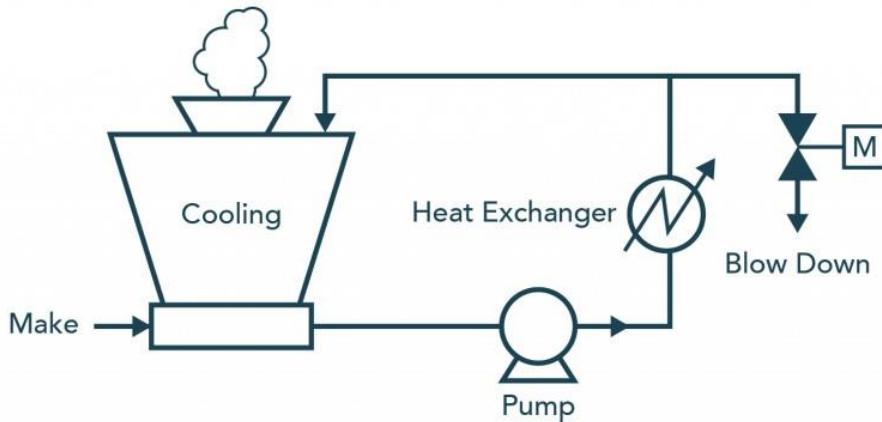
Gambar 2. 5. *Close cooling system*
(Sumber : <https://sensorex.com/>)

Kelamahan dari sistem pendingin tertutup adalah tingginya oksigen terlarut pada suhu rendah yang dapat menyebabkan korosi. Selain itu, suhu rendah dapat menyebabkan pengkotoran oleh mikroba (*fouling*) karena kemampuan populasi bakteri untuk bertahan hidup di lingkungan sistem pendingin.

b) *Open Recirculating System/ Open Cooling System*

Sistem pendingin sirkulasi terbuka banyak digunakan dalam industri untuk mendinginkan peralatan, produk dan untuk memindahkan fluida panas ke lingkungan⁸. Seperti halnya dalam sistem tertutup, sistem terbuka menggunakan air yang disirkulasi berulang-ulang. Struktur yang paling terlihat adalah *cooling tower* yang menggunakan penguapan untuk melepaskan panas dari air pendingin. Karena mekanismenya, *cooling tower* jenis ini juga disebut *cooling tower* evaporatif. Sistem ini terdiri dari tiga peralatan utama yakni pompa air resirkulasi, *heat exchanger*, dan *cooling tower*. Sistem kerja pendinginan ini yaitu air akan dipompa dan disirkulasikan melewati *heat exchanger* kemudian air akan dikembalikan ke *cooling tower* untuk dilakukan proses evaporasi. Air yang tidak mengalami penguapan akan kembali digunakan untuk proses pendinginan.

⁸ Lv, Z., Cai, J., Sun, W., & Wang, L. (2018). *Analysis and Optimization of Open Circulating Cooling Water System*. *Water*, 10(11), 1592.



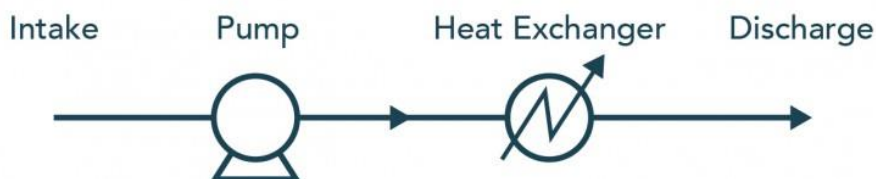
Gambar 2. 6. *Open Cooling System*

(Sumber : <https://sensorex.com/>)

Salah satu kelemahan sistem pendinginan ini adalah penguapan berulang yang dapat menyebabkan konsentrasinya terlarut dan padatan tersuspensi. Padatan yang mengalami pengendapan dapat menyebabkan *scaling* atau korosi.

c) *Once-Through Cooling System*

Dalam pendinginan *once-through*, air dipompa dari sumber terdekat dan hanya melewati satu kali melalui sistem untuk menyerap panas dari proses dan kemudian dibuang kembali ke sumber. Sumber ini bisa berupa sungai, danau, laut, atau sumur. Sistem ini lazim digunakan di mana tersedia air dalam volume besar. Kelemahan dari sistem pendingin ini adalah kerentanan terhadap gangguan seperti banjir. Selain itu, sistem ini juga dapat menimbulkan kerusakan baik pada peralatan karena kualitas air maupun kerusakan ekosistem.



Gambar 2. 7. *Once-Through Cooling System*

(Sumber : <https://sensorex.com/>)

2.2.2. Komponen Utama *Cooling Water System*

Secara umum *Cooling water system* dalam prosesnya terdiri dari beberapa komponen yang saling berkaitan satu sama lain. Berikut merupakan beberapa komponen penting dalam proses *cooling water system* antara lain:

a) *Expansion Tank*

Secara fungsi diketahui *expansion tank* disediakan dalam sistem pendingin berfungsi untuk⁹ :

- Menjaga tekanan dan mengurangi efek tekanan pada volume air pendingin akibat perubahan densitas air yang dipengaruhi oleh temperatur.
- Mencegah udara bocor dalam sistem dengan menjaga *pressure gauge* tetap positif.
- Menjaga nilai *Net Positive Suction Head* (NPSH) yang diperlukan oleh pompa.
- Mempertahankan tekanan yang cukup di semua bagian sistem untuk mencegah pendidihan, termasuk kavitasi pada kontrol *valve* dan penyempitan serupa.
- *Expansion tank* juga dapat berfungsi untuk menyediakan air pendingin pengganti sistem ketika terjadi kebocoran dalam sistem pendingin¹⁰.

Terdapat beberapa jenis *expansion tank* antara lain *vented or open steel tanks*, *closed steel tanks*, *diaphragm tanks*, dan *bladder tank*.



Gambar 2. 8. *Expansion Tank*

(Sumber: www.aircompressorreceivertank.com)

b) *Close Cooling Pump*

Seperti pada umumnya, pompa dalam *close cooling water system* digunakan untuk menyirkulasi kan air pendingin menuju ke *heat exchanger* atau *oil cooler* dari masing-masing peralatan.

⁹ Taylor, Steven T. (2016). *The Fundamentals of Expansion Tanks*. ASHRAE Journal

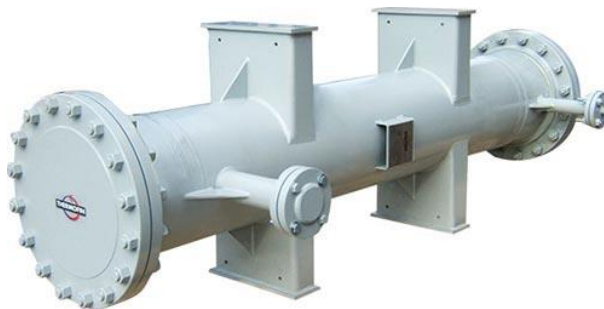
¹⁰ Sanfiorenzo, A.B. (2013). *Cooling system design tool for rapid development and analysis of chilled water systems aboard U.S. Navy surface ships*. (Master dissertation), Massachusetts Institute of Technology.



Gambar 2. 9. *Close Cooling Pump*
(Sumber: www.machinio.com)

c) *Heat Exchanger*

Merupakan alat yang berfungsi untuk memindahkan energi panas antara dua atau lebih fluida dan terjadi pada temperatur yang berbeda antar fluida, dimana fluida tersebut ada yang bertindak sebagai fluida panas (*hot fluid*) dan yang lain bertindak sebagai fluida dingin (*cold fluid*). *Heat exchanger* dapat digunakan sebagai pemanas (*regenerator*) maupun sebagai pendingin (*recuperator*) tergantung pada tinjauan perpindahan panas yang terjadi¹¹. Secara umum *heat exchanger* digunakan sebagai pemanas ruangan, pendingin AC, pada pembangkit listrik, pabrik kimia, pabrik petrokimia, kilang minyak, pengolahan minyak & gas dan juga pengolahan limbah. Terdapat beberapa jenis *heat exchanger* antara lain *tubular heat exchanger*, *double pipe heat exchanger*, *spiral tube heat exchanger*, *shell and tube heat exchanger* dan *plate heat exchanger*.



Gambar 2. 10. *Heat Exchanger*
(Sumber : thermofin.net/products/coleus-shell-and-tube-heat-exchangers/)

¹¹ Al-Sammarraie, A. T., & Vafai, K. (2017). *Heat transfer augmentation through convergence angles in a pipe*. Numerical Heat Transfer, Part A: Applications, 72(3), 197–214.

2.3. *Maintenance*

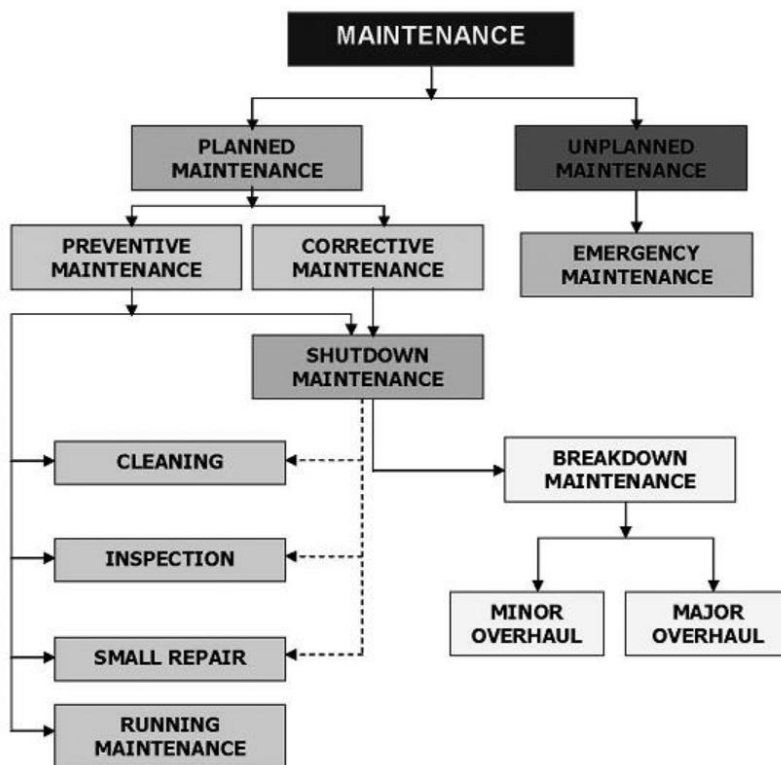
Berdasarkan *technical report Electric Power Research Institute (EPRI)*, mendefinisikan bahwa *maintenance* merupakan fungsi-fungsi yang diperlukan untuk menjaga atau memulihkan keselamatan, keandalan dan ketersediaan struktur pabrik, sistem dan komponen. *Maintenance* dalam hal ini tidak hanya mencakup kegiatan yang dikaitkan dengan mengidentifikasi dan memperbaiki, melainkan juga pemeriksaan untuk mempertahankan fungsi dari komponen tersebut¹². Berdasarkan definisi tersebut, maka terdapat beberapa alasan terkait pentingnya melakukan *maintenance* terhadap suatu asset yang dimiliki yakni:

- Dapat meningkatkan kualitas produksi dan kepuasan pelanggan melalui pelayanan dan operasi yang benar dan tepat.
 - Memaksimalkan *lifetime* dari asset.
 - Meningkatkan tingkat *safety* asset dan mencegahnya dari peningkatan dampak bahaya yang ditimbulkan.
 - Meminimalkan frekuensi dan gangguan pada proses operasi.
 - Memaksimalkan produksi dari asset yang dimiliki.
- Adapun kegiatan *maintenance* yang dapat dilakukan meliputi:
- Kegiatan Pemeriksaan/Pengecekan
 - Kegiatan Meminyaki (*Lubricate*)
 - Kegiatan Perbaikan/Reparasi pada kerusakan (*Repair*)
 - Kegiatan Penggantian Suku Cadang (*Spare Part*) atau Komponen

2.4.1. *Klasifikasi Maintenance*

Dalam hal ini dapat diketahui bahwa secara umum tindakan *maintenance* dapat dibedakan menjadi 2 (dua) yakni tindakan *maintenance* yang terencana (*planned maintenance*) dan juga tak terencana (*unplanned maintenance*). Jenis *maintenance* dapat dilihat pada **Gambar 2.11** dibawah ini.

¹² EPRI (2006). *Reliability and Preventive Maintenance: Balancing Risk and Reliability For Maintenance and Reliability Professionals at Nuclear Power Plants*. Technical report EPRI



Gambar 2. 11 Jenis *Maintenance*
(Sumber: Smith, 2004)

2.3.1.1. *Planned Maintenance*

Dapat diketahui *planned maintenance* merupakan suatu kegiatan *maintenance* terjadwal, dimana *maintenance task schedule* dijadwalkan berdasarkan tingkat rasio kerusakan yang pernah terjadi sebelumnya dan juga ditinjau berdasarkan *probability failure* yang diprediksikan akan terjadi. Dalam hal ini kegiatan *maintenance* yang terjadwal diharapkan dapat meminimalisir potensi kerusakan yang dapat terjadi secara mendadak yang bersifat *random failure*. Berdasarkan kegiatan *maintenance* nya, *planned maintenance* terbagi menjadi:

2.3.1.2. *Preventive Maintenance*

Menurut Smith (2004) *preventive maintenance* merupakan kegiatan inspeksi dan / atau perbaikan yang telah direncanakan sebelumnya untuk mempertahankan kemampuan fungsional dari peralatan atau sistem operasi. Dalam hal ini, *preventive maintenance* dilakukan berdasarkan penjadwalan yang mencakup pemantauan, penggantian

komponen, atau penyesuaian pada pelumas. *Preventive maintenance* berdasarkan metode maintenance nya dikelompokkan menjadi 4 jenis yakni¹³ :

- *Time directed*, dimana berfokuskan secara langsung untuk mencegah kegagalan yang mencakup task dan periodisitas saat itu, tindakan langsung untuk mencegah kegagalan, dan berdasarkan pengukuran.
- *Condition directed*, yakni untuk melakukan pengukuran terkait dengan kegagalan yang baru terjadi.
- *Failure Finding*, untuk mengidentifikasi kegagalan yang tidak diketahui pada *maintenance task* yang telah dijadwalkan.
- *Run to failure*, merupakan kondisi dimana peralatan tersebut beroperasi hingga mengalami kerusakan atau dengan kata lain tidak ada tindakan *preventive maintenance* yang dapat dilakukan.

Sedangkan berdasarkan prosesnya, kegiatan *preventive maintenance* juga dapat dibedakan menjadi 4 yakni *cleaning*, *inspection*, *small repair* dan juga *running maintenance*.

2.3.1.3. Corrective Maintenance

Corrective maintenance merupakan jenis *maintenance* yang direncanakan berdasarkan prosedur kelayakan operasional yang telah ditentukan oleh *maker* melalui buku petunjuk atau *manual book*. *Corrective maintenance* sendiri dapat diketahui merupakan kegiatan *maintenance* yang dilakukan setelah terjadi kegagalan fungsi atau kerusakan. *Corrective maintenance* merupakan *general overhaul*, dimana kegiatan *maintenance* yang dapat dilakukan meliputi pemeriksaan, perbaikan dan penggantian. *Maintenance* ini dilakukan karena terdapat kinerja sistem yang tidak sesuai dengan standar yang ada. *Corrective maintenance* memiliki tujuan untuk mengembalikan performa dan standar kinerja dari suatu komponen atau sistem ke kondisi semula. *Corrective maintenance* sendiri dibedakan menjadi 2 yaitu:

- ***Shutdown Maintenance***

Merupakan *corrective maintenance* yang dilakukan ketika shutdown diberlakukan sehingga produksi berhenti. Kegiatan *maintenance* ini bertujuan untuk melakukan pengecekan secara keseluruhan terhadap komponen produksi yang telah mengalami kerusakan.

- ***Breakdown Maintenance***

Tindakan *maintenance* ini dilakukan apabila sebuah komponen maupun sistem telah mengalami kerusakan. Tindakan yang dilakukan berupa perbaikan pada bagian yang mengalami kerusakan. Namun Tindakan ini dilakukan apabila dampak kerusakan tidak cukup signifikan hingga menyebabkan

¹³ Smith, A. M., & Hinchcliffe, G. R. (2004). *RCM-Gateway to World Class Maintenance*. Butterworth-Heinemann. USA: Elsevier Inc. All rights reserved. Diakses dari <http://elsevier.com> pada 4 Mei 2020

terhambat nya produksi maupun operasional kerja sistem¹⁴. Untuk *breakdown maintenance* sendiri dibagi menjadi 2 yaitu *minor overhaul* dan *major overhaul*.

2.3.1.4. *Unplanned Maintenance*

Merupakan kegiatan maintenance dimana dilakukan ketika peralatan dioperasikan sampai peralatan tersebut rusak dan tidak dapat berfungsi lagi. Penerapan unplanned maintenance diharapkan dapat memperpanjang masa pakai peralatan dan dapat memperkecil frekuensi kerusakan agar peralatan dapat digunakan secara terus menerus. Kegiatan maintenance ini hanya berfokus untuk mengatasi kerusakan yang terjadi pada saat itu. Penerapan maintenance ini memang cukup mudah dalam pelaksanaannya dan tidak perlu untuk dilakukan penentuan jadwal maintenance. Namun kegiatan ini juga terdapat beberapa kekurangan, adapun kekurangan dari kegiatan maintenance ini adalah:

- Biaya yang diperlukan untuk melakukan kegiatan *maintenance* ini terbilang cukup besar.
- Termasuk kegiatan yang kurang efektif baik dari segi waktu dan operasional.
- Memiliki dampak yang besar terhadap produksi, dimana kerusakan yang terjadi secara mendadak dapat menyebabkan shutdown dan dapat menghambat produksi.
- Dapat meningkatkan *downtime* akibat tidak adanya perencanaan *spare part* yang dibutuhkan sehingga diperlukan waktu yang lebih lama dalam mengatasi kerusakan.

2.3.1.5. *Emergency Maintenance*

Merupakan *unplanned maintenance* yang dilakukan ketika peralatan mengalami kerusakan mendadak dalam keadaan *shutdown* atau mati tidak dapat dioperasikan sama sekali. Kegiatan *maintenance* yang dilakukan hanya untuk mengatasi kerusakan yang terjadi dengan tujuan agar tetap dapat melakukan produksi.

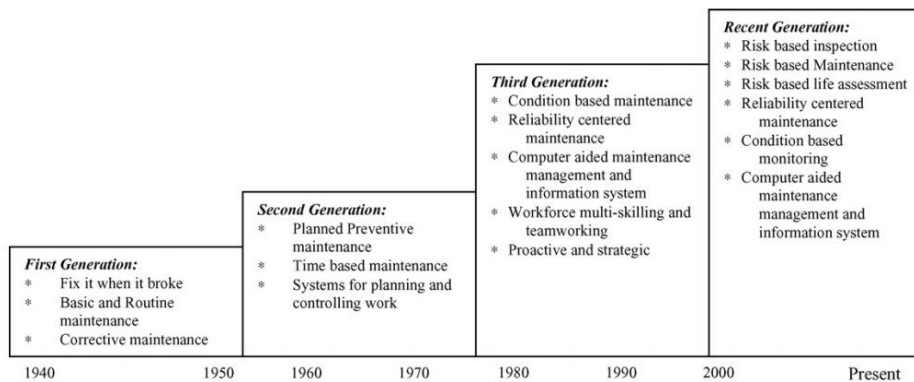
2.4.2. *Perkembangan Metode Maintenance*

Metode *maintenance* diketahui telah mengalami fase perkembangan dalam beberapa tahun terakhir. Menurut Khan (2003) perkembangan metode *maintenance* telah dipicu dengan adanya peningkatan jumlah, ukuran, kompleksitas peralatan, dampak terhadap lingkungan, keselamatan dan kualitas produksi.¹⁵ Dalam hal ini perkembangan metode *maintenance* ditunjukkan pada **Gambar 2.12** dimana perkembangan metode

¹⁴ UpKeep, “*Breakdown Maintenance*” diakses dari <https://www.onupkeep.com/learning/maintenance-types/breakdown-maintenance> pada 4 Mei 2020

¹⁵ Khan, FI, & Haddara, MM (2003). *Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 16 (2003) 561–573

maintenance dibedakan menjadi 4 (empat) generasi, yakni generasi pertama, kedua, ketiga dan keempat.¹⁶



Gambar 2. 12. Perkembangan Metode *Maintenance*

(Sumber: Arunraj, 2007)

2.3.2.1. First Generation

Metode *maintenance* pada generasi pertama dikembangkan sebelum perang dunia II pada tahun 1940-an dimana industri pada saat itu tidak terlalu mekanis sehingga downtime tidak menjadi masalah. *Maintenance* dilaksanakan ketika peralatan mengalami kerusakan, mesin dioperasikan sampai rusak dan tidak ada cara untuk memprediksi kegagalan. Adapun metode *maintenance* yang diterapkan adalah (i) *Basic and routine maintenance*, (ii) *Reactive breakdown service (fix it when it broke)* dan (iii) *Corrective maintenance*.

2.3.2.2. Second Generation

Generasi kedua termasuk periode waktu di antara perang dunia II dan akhir 1960-an. Industri menjadi lebih banyak dan kompleks dengan ketergantungan besar pada mesin. Biaya *maintenance* menjadi lebih tinggi daripada biaya operasi relatif lainnya. Hal tersebut menyebabkan berkembangnya beberapa metode perencanaan *maintenance* dan sistem kontrol. Metode *maintenance* yang diterapkan adalah (i) *Planned preventive maintenance*, (ii) *Time based maintenance* dan (iii) *System for planning and controlling work*.

2.3.2.3. Third Generation

Pada generasi ketiga pertengahan tahun 1970-an perkembangan industri benar-benar pesat. Dimana perkembangan *maintenance* diklasifikasikan berdasarkan *new expectations, new research and new technique*. Pada saat ini diketahui *downtime* memiliki pengaruh signifikan dalam konteks produktifitas suatu asset terkait

¹⁶ Arunraj, NS, & Maiti, J (2007). *Risk-based maintenance—Techniques and applications*. Journal of Hazardous Materials 142 (2007) 653–661

berkurangnya *output* yang dicapai, meningkatnya biaya operasi hingga menghambat proses pelayanan pada konsumen. Pada tahap ini, *maintenance* sudah menjadi perhatian utama di pertambangan, sektor manufaktur dan transportasi. Adapun metode *maintenance* pada generasi ini adalah (i) *Condition based maintenance* (CBM), (ii) *Reliability centered maintenance* (RCM), (iii) *Computer aided maintenance management and information system*, (iv) *Workforce multi skill and teamworking*, dan (v) *Proactive and strategic*.

2.3.2.4. Fourth Generation

Pada generasi keempat, telah berkembang metode berbasis risiko atau *risk-based inspection and maintenance* (RBM) selain CBM dan RCM. Dimana dalam tahap ini, tujuan dari proses *maintenance* adalah untuk meningkatkan profitabilitas operasi dan mengoptimalkan total biaya siklus hidup tanpa mengorbankan masalah keselamatan atau lingkungan. Perencanaan inspeksi dan perawatan yang didasarkan pada analisis risiko dapat meminimalkan probabilitas kegagalan sistem dan konsekuensinya. Berikut merupakan perbandingan kelebihan dan kekurangan masing-masing metode *maintenance* pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2. 1. Perbedaan Metode *Maintenance*

Metode	Kelebihan	Kekurangan
<i>Condition Based Maintenance</i>	Mudah diterapkan karena hanya melakukan monitoring pada kondisi peralatan baik secara online maupun off-line. Menggunakan metode pengumpulan data dengan melakukan pengukuran dengan menggunakan indikator/sensor seperti indikator getaran, suara, panas dan lain-lain.	Memerlukan alat pengukuran khusus yang terbilang cukup mahal karena untuk menjaga keakuratan dari pengukuran. Dapat menimbulkan data pengukuran yang kurang akurat sesuai dengan kondisi peralatan akibat kerusakan alat ataupun <i>human error</i> .
<i>Reliability Centered Maintenance</i>	Memfokuskan kegiatan pemeliharaan pada komponen kritis. Perencanaan program <i>maintenance</i> yang optimal dan komprehensif dapat meminimalisir frekuensi <i>downtime</i> akibat kerusakan pada komponen peralatan (<i>equipment</i>) Menurunkan biaya <i>maintenance</i> dengan meniadakan pemeliharaan peralatan yang tidak perlu	Penerapan RCM membutuhkan biaya awal yang signifikan terkait dengan pelatihan dan peralatan kebutuhan staff/pekerja. Analisa sistem/equipment memerlukan waktu yang cukup lama.

<i>Risk Based Maintenance</i>	Perencanaan <i>maintenance</i> berdasarkan risiko Memiliki fokus untuk mengurangi keseluruhan risiko yang dapat terjadi sebagai akibat dari kegagalan yang tidak terduga dari fasilitas operasi.	Peralatan yang mempunyai resiko rendah akan diinspeksi dalam kurun waktu yang lama.
-------------------------------	---	---

2.4. *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

2.4.1. Definisi RCM

Moubray (1997) dalam bukunya mendefinisikan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) sebagai proses untuk menentukan apa yang harus dilakukan supaya setiap asset fisik dapat terus berfungsi sesuai keinginan penggunaannya dalam konteks operasional yang bergantung pada penggunaannya, di mana dan bagaimana aset ini digunakan¹⁷. Dari definisi tersebut diketahui menjadi dasar *Reliability Centered Maintenance* (RCM) II olehnya.

Reliability Centered Maintenance (RCM) dalam proses analisisnya memberikan suatu metode terstruktur yang dapat digunakan untuk menganalisis fungsi dan potensi kegagalan yang dapat terjadi dari suatu aset fisik dengan memiliki fokus untuk dapat mempertahankan fungsi sistem daripada mempertahankan peralatan itu sendiri. Dalam hal ini RCM digunakan untuk mengembangkan suatu strategi *maintenance* terjadwal dengan tingkat operabilitas dan tingkat risiko yang dapat diterima serta secara efektif dan efisien dari segi waktu dan biaya.¹⁸

RCM pada dasarnya juga merupakan salah satu proses pendekatan sistematis yang digunakan untuk menentukan, mengembangkan dan optimalisasi prosedur *maintenance* setiap *equipment* sesuai dengan operasinya. Dalam hal ini RCM dapat digunakan untuk mengoptimalkan *preventive maintenance* (PM) *strategies*. Diharapkan *preventive maintenance* tersebut dapat menurunkan kegagalan suatu alat dan menyediakan peralatan yang efektif pada industri. Diketahui RCM merupakan salah satu strategi yang paling efektif untuk menjaga efisiensi operasional pada sistem pembangkit. RCM beroperasi dengan menyeimbangkan biaya pemeliharaan korektif yang tinggi dengan biaya kebijakan terprogram (*preventive* atau *predictive*), dengan mempertimbangkan dan memperhitungkan *useful lifetime* dari alat.¹⁹

Namun Bloom (2005) dalam bukunya menyatakan bahwa RCM bukan untuk mengurangi program *preventive maintenance*, melainkan suatu program untuk meningkatkan keandalan. Pada dasarnya RCM memang akan mengidentifikasi *preventive maintenance* yang tidak perlu. RCM digambarkan sebagai proses untuk

¹⁷ Moubray, John. (1997). *Reliability Centered Maintenance*. New York: Industrial Press Inc. 2nd edition. Diakses dari <https://books.google.co.id/> pada 4 Mei 2020

¹⁸ *Reliability Centered Maintenance* (RCM), diakses dari <https://www.weibull.com/basics/rcm.htm> pada 4 Mei 2020

¹⁹ Afefy, Islam H, op. cit.

mengidentifikasi komponen kritis dimana kegagalan yang terjadi merupakan konsekuensi yang tidak diinginkan terhadap suatu asset.²⁰

2.4.2. Sejarah RCM

Konsep RCM bukanlah suatu hal yang baru, dimana konsep RCM pertama kali dimunculkan pada industri penerbangan sekitar tahun 1960. Kemudian pada tahun 1978 departemen pertahanan Amerika Serikat mengeluarkan MSG-3, sebuah dokumen perencanaan program pemeliharaan oleh *Maintenance Steering Groups* (MSG) yang sebelumnya juga mengeluarkan MSG-1 dan MSG-2. Dimana dokumen tersebut pertama kali ditulis oleh Stanley Nowlan dan Howard Heap yang digunakan untuk mengembangkan program pemeliharaan untuk Boeing 747. Dokumen tersebut memuat hubungan antara pemeliharaan, keandalan dan keselamatan yang disebut dengan *Reliability Centered Maintenance* (RCM)²¹. Setelah itu, Stanley Nowlan dan Howard Heap dianggap sebagai bapak RCM dengan mengembangkan dasar-dasar proses RCM. Menurut Nowlan dan Heap, pendekatan RCM muncul akibat meningkatnya kompleksitas sistem dan akibat semakin meningkatnya ukuran pesawat pada saat itu. Nowlan dan Heap juga menyatakan bahwa dasar prinsip-prinsip RCM berdasarkan beberapa pertanyaan berikut²² :

1. Bagaimana kegagalan tersebut bisa terjadi ?
2. Apa konsekuensi nya dari segi keselamatan maupun operasional ?
3. Apa yang dapat dilakukan dengan *preventive maintenance*?

Kemudian pada tahun 1990-an John Moubray berhasil mengembangkan RCM versi nya untuk industri selain industri penerbangan, yang dikenal sebagai RCM II. Diikuti beberapa tahun setelahnya, Inggris melalui departemen pertahanan juga telah menerbitkan standar pertahanan 02-45 (NES 45) yang didasarkan pada RCM II²³. Dimana seperti yang diketahui RCM II merupakan hasil pengembangan dan evaluasi dari penerapan RCM sebelumnya. Perbedaan perkembangan RCM I dan RCM II ditunjukkan oleh **Tabel 2.2**, dimana dalam penelitian ini akan dijelaskan mengenai perbedaan di antara keduanya baik dari segi proses, output, dan fokus.

²⁰ Bloom, Neil B. (2005). *Reliability Centered Maintenance : Implementation Made Simple*. McGraw-Hill Professional diakses dari <https://books.google.co.id/> pada 4 Mei 2020

²¹ Carretero, J., et al. (2003). *Applying RCM in large scale systems: a case study with railway networks*. *Reliability Engineering & System Safety*, 82(3), 257–273

²² Fore, Stanley & Msipha, Angela. (2012). *Preventive maintenance using Reliability Centred Maintenance (RCM): A case study of a ferrochrome manufacturing company*. *The South African Journal of Industrial Engineering*. 21. 10.7166/21-1-78.

²³ Mokashi, Amit & Wang, J. & Vermar, A.K.. (2002). *A study of reliability-centred maintenance in maritime operations*. *Marine Policy*. 26. 325-335

Tabel 2. 2 Perbedaan RCM dan RCM II

Aspek	RCM	RCM II
Proses	Menentukan penyebab terjadinya kegagalan dan tingkat kekritisan komponen. Mengembangkan Analisa FTA Mengklasifikasikan kebutuhan tingkat <i>maintenance</i> . Implementasi hasil RCM. Evaluasi.	<ul style="list-style-type: none"> • Mempersiapkan data-data terkait yang akan dianalisa • Menentukan sistem yang akan dianalisa • Mengidentifikasi fungsi dari sistem • Mengidentifikasi kegagalan fungsi dari sistem yang dianalisa • Mengidentifikasi penyebab kegagalan • Mengidentifikasi efek dari kegagalan • Penentuan <i>maintenance</i> task, eksekusi dan evaluasi
Output	<i>Reactive maintenance – RTF</i> <i>Preventive maintenance</i> <i>Predictive maintenance – On condition</i> <i>Proactive maintenance</i>	<i>Proactive maintenance – schedule restoration task, schedule discard task, on condition task</i> <i>Default task – redesign, failure finding task, no schedule maintenance</i>
Fokus	Pencegahan terjadinya kegagalan yang sering terjadi	Menganalisis bagian yang tepat, pada saat yang tepat dan metode yang tepat

RCM dalam hal ini terus mengalami perkembangan, pada tahun 2005 Neil Bloom menerbitkan sebuah buku berjudul “*Reliability Centered Maintenance, Implementation made simple*”. Dalam bukunya Bloom menggambarkan penerapan RCM secara sederhana, namun sama efektifnya dengan RCM II oleh John Moubray. Dari pengalaman bertahun-tahun sebagai insinyur RCM, Bloom mengidentifikasi perangkat tertentu yang menyebabkan kegagalan dari implementasi RCM. Bukunya didedikasikan untuk memudahkan proses implementasi dan untuk membantu keberlanjutan proses RCM.

2.4.3. Success Story of RCM

RCM diketahui merupakan metode yang dikenal dan sering digunakan untuk menjaga efisiensi operasional pada sektor-sektor industri penting seperti industri pembangkit listrik, industri penerbangan, industri perkeretaapian, industri minyak dan gas serta industri perkapalan²⁴. Dalam penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa RCM

²⁴ Rajan, Vishnu & V., Regikumar. (2016). *Reliability Based Maintenance Strategy Selection in Process Plants: A Case Study*. Procedia Technology. 25

dapat digunakan untuk menganalisis aspek biaya dan perencanaan *maintenance* untuk mencapai konsep *maintenance* yang efektif dan efisien. Secara fungsi RCM merupakan salah satu metode terbaik yang lebih terstruktur dan disiplin, dimana RCM dapat menghasilkan program pemeliharaan dan mengatur kebijakan pemeliharaan pada tingkat berbagai sistem yang ada pada *plant* maupun pada *equipment* tertentu dengan mempertimbangkan skor kritikal dan parameter keandalan. Kekuatan RCM adalah mampu menghasilkan program pemeliharaan secara terencana, terstruktur dan efektif walaupun dalam kondisi memiliki data akses yang sedikit atau bahkan tidak ada data historis. Keberhasilan implementasi RCM di berbagai industri disebutkan pada **Tabel 2.3** *Success story of RCM* berikut ini.

Tabel 2. 3. Success Story of RCM

Industry	Result	References
<i>Ferrochrome Manufacturing Company</i>	Penerapan RCM dapat: <ul style="list-style-type: none"> • Meningkatkan <i>availability</i>, dimana meningkat dengan rata-rata 84%. • Meningkatkan produksi, meningkat dari 180 ke 300 ton per bulan. • Menurunkan 20% biaya perawatan, dimana menurun dari \$777.307 pada Desember 2006 menjadi \$437.528 pada Januari 2007. 	Fore, Stanley & Msipha, Angela. (2012). <i>Preventive maintenance using Reliability Centered Maintenance (RCM): A case study of a ferrochrome manufacturing company</i> . The South African Journal of Industrial Engineering. 21
<i>Fertilizer Company</i>	Penerapan RCM dapat menurunkan biaya maintenance sebesar 33.75 % dan meningkatkan produktivitas.	Khasanah, Rahayu. "Reliability-centered Maintenance (RCM) Evaluation in the Industry Application, Case Study: Fertilizer Company, Indonesia." Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri, vol. 10, no. 1, 2016.
<i>Steam Process Plant</i>	Penerapan RCM dapat: <ul style="list-style-type: none"> • Menurunkan biaya tenaga kerja untuk maintenance yang semula menghabiskan biaya sebesar dari \$ 295.200 / tahun menjadi \$ 220.800 / tahun (sekitar 25,2% dari total biaya tenaga kerja) • Penghematan sekitar 80% dari total biaya downtime. • Program suka cadang yang diusulkan juga dapat dihemat 	Afefy, Islam H (2010). <i>Reliability-Centered Maintenance Methodology and Application: A Case Study</i> . Engineering, 2010, 2, 863-873

	sekitar 22,17 % untuk beberapa komponen pembangkit dari biaya suku cadang tahunan.	
--	--	--

RCM dipilih karena informasi yang diberikan lebih detail dan spesifik serta akurat. Selain itu interdisiplin pendekatan yang digunakan lebih mudah dipahami. Berdasarkan *Oracle Asset Life Cycle Management* di seminar *Oracle Open World* pada 11- 15 November 2007 secara garis besar berikut merupakan kelebihan dan kekurangan dari penerapan RCM:

- **Kelebihan dari RCM adalah sebagai berikut :**
 - a. RCM memiliki potensi untuk menjadi strategi perawatan yang paling efisien ketika diimplementasikan, diterapkan dan dikelola dengan benar.
 - b. Analisis peralatan yang komprehensif akan mengurangi biaya perawatan dengan menghilangkan aset yang tidak perlu pemeliharaan.
 - c. Penjadwalan peralatan yang dioptimalkan akan menyebabkan berkurangnya frekuensi perawatan.
 - d. Meningkatkan keandalan pabrik dengan mengurangi kemungkinan kegagalan peralatan secara mendadak.
 - e. Memfokuskan kegiatan pemeliharaan pada komponen kritis.
 - f. Meningkatkan keandalan komponen.
 - g. Memasukkan *root cause analysis*.
- **Kekurangan dari RCM adalah sebagai berikut :**
 - a. Penerapan RCM membutuhkan biaya awal yang signifikan terkait dengan pelatihan dan peralatan kebutuhan staff /pekerja.
 - b. Hasil awal yang rendah dalam hal kinerja fasilitas dan penghematan pemeliharaan.

Namun berdasarkan Bloom (2005) pelaksanaan RCM dapat mengalami kegagalan dikarenakan beberapa faktor yaitu :

- a. Tidak melakukan kontrol pada RCM.
- b. Fundamental RCM yang tidak dikuasai
- c. Tidak adanya dukungan dari manajemen sehingga proses RCM yang dilakukan tidak maksimal.
- d. Penentuan fungsi sistem yang kurang tepat.
- e. Penentuan *boundaries* dan *interface* yang kurang tepat.
- f. Penentuan *hidden failure* dan *redundancy* yang kurang tepat.
- g. Kesalahpahaman dalam penilaian *run to failure*.
- h. Klasifikasi komponen yang tidak sesuai.
- i. Instrumen tidak termasuk dalam bagian dari RCM analisis.
- j. Data yang dianalisa tidak akurat.
- k. Operator yang melaksanakan proses *maintenance* tidak menjalankan prosedur sesuai hasil RCM.

2.4.4. 7 Pertanyaan Dasar RCM

Berdasarkan Moubray (1997) dalam proses analisis menggunakan metode RCM maka harus memenuhi proses dan urutan dari tujuh pertanyaan dasar dari RCM. Hal ini diperlukan guna memastikan bahwa implementasi dari RCM telah berlangsung secara efektif. Adapun penjelasan dari ke-tujuh pertanyaan tersebut adalah sebagai berikut:

1. ***Function and Performance Standards***: Apakah fungsi dari asset dan standar kinerja yang terkait dengan fungsi itu sesuai dengan konteks operasinya saat ini?

Dalam konteks ini menurut **Moubray**, fungsi perlu ditentukan dan ditetapkan, dimana tujuannya agar menjadi jelas fokus proses analisis. Dimana menjaga fungsi dari peralatan dan fasilitas merupakan target dari proses RCM. Selain itu dengan menetapkan fungsi maka dapat ditentukan bagian-bagian peralatan dan fasilitas yang kritis terhadap menjaga fungsi. Diharapkan dengan pengetahuan tersebut dapat ditentukan bentuk-bentuk kegagalan potensial yang dapat terjadi berdasarkan 1) pengetahuan akan peralatan yaitu dengan memperoleh bentuk-bentuk kegagalan umum pada peralatan tersebut, 2) sejarah kerusakan peralatan tersebut. Kemudian identifikasi fungsi juga perlu dilakukan guna untuk mengetahui bahwa setiap komponen telah memenuhi standar yang diharapkan sesuai dengan konteks operasinya. Oleh karena itu dalam hal ini fungsi dikategorikan dalam dua jenis yaitu:

- i. Fungsi Primer atau fungsi utama, yang mencakup kecepatan, daya output, kapasitas dan kualitas tiap produk serta pelanggan.
- ii. Fungsi sekunder, yang mencakup keselamatan baik bagi pengguna maupun lingkungan, proteksi dan efisiensi pada saat beroperasi, integritas struktur dari setiap asset, serta *asset controlling* yang mudah saat operasional kerja.

2. ***Kegagalan Fungsional (Functional Failure)***: Bagaimana komponen/sistem tersebut mengalami kegagalan fungsi?

Setiap komponen memiliki fungsi yang berbeda sesuai dengan spesifikasi yang telah dibuat oleh produsen nya. Kegagalan fungsional dapat terjadi apabila suatu komponen/sistem gagal untuk memenuhi standar performa yang telah ditetapkan.

3. ***Penyebab Kegagalan (Failure Mode)***: Apa penyebab dari kegagalan fungsi tersebut?

Setiap komponen/sistem yang mengalami kegagalan dalam menjalankan fungsinya tentunya dipengaruhi oleh beberapa faktor penyebab. Penyebab terjadinya kegagalan fungsi pada suatu komponen/sistem disebut sebagai *failure mode*. Dalam hal ini *failure mode* dapat diketahui apabila *functional failure* pada alat tersebut diketahui terlebih dahulu. Kegagalan yang dimaksud dalam *failure mode* tidak hanya mencakup kegagalan yang telah terjadi namun juga dapat berupa kegagalan yang akan mungkin terjadi pada komponen tersebut.

4. Efek Kegagalan (*Failure Effect*): Apa dampak dari kegagalan fungsi suatu komponen?

Dalam hal ini akan dianalisis dampak yang ditimbulkan akibat dari kegagalan terhadap suatu fungsi komponen. Dampak yang dimaksud dapat berupa dampak langsung maupun dampak jangka panjang.

5. Konsekuensi Kegagalan (*Failure consequence*): Bagaimana konsekuensi dari kegagalan yang terjadi?

Dalam hal ini konsekuensi kegagalan dapat diklasifikasikan menjadi:

- i. ***Hidden Failure Consequences***, dalam hal ini konsekuensi yang ditimbulkan tidak langsung berdampak terhadap komponen namun apabila dianalisa lebih detail dapat menyebabkan kerusakan yang lebih fatal. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan konsekuensi kegagalan tidak dapat diketahui oleh operator komponen.
- ii. ***Safety and Environmental Consequences***, dalam hal ini konsekuensi dikategorikan dapat mempengaruhi lingkungan sekitar seperti mengakibatkan luka atau meninggalnya jiwa seseorang baik operator maupun pihak yang berhubungan langsung dengan komponen.
- iii. ***Operational Consequences***, dalam hal ini merupakan konsekuensi yang termasuk dalam kategori dimana kegagalan akan mempengaruhi operasional kerja dan hasil produksi secara langsung seperti kualitas produk, pelayanan, biaya operasional perbaikan dan penurunan daya output.
- iv. ***Non-Operasional Consequences***, dalam hal ini merupakan konsekuensi dimana kegagalan tidak mempengaruhi operasional produksi maupun *safety* dari operator namun menimbulkan adanya *direct cost of repair* akibat kegagalan tersebut.

6. Manajemen *Maintenance* dan Interval Pelaksanaan (*Proactive Task and Interval Task*) : Apa yang dapat dilakukan untuk memprediksi atau mencegah kegagalan ?

- i. ***Scheduled Restoration***, merupakan tindakan preventif tanpa memperhatikan kondisi komponen terjadi kerusakan ataupun tidak pada saat *maintenance* berlangsung.
- ii. ***Scheduled Discard***, merupakan tindakan preventif dengan melakukan penggantian terhadap komponen pada saat usia tertentu tanpa memperhatikan kondisi komponen sedang mengalami kerusakan ataupun tidak.
- iii. ***Scheduled On-Condition***, merupakan tindakan preventif yang meliputi pengukuran dan pengamatan komponen pada saat beroperasi dengan tujuan untuk mengidentifikasi apakah komponen mengalami kerusakan ataupun tidak agar dapat dilakukan upaya pencegahan sebelum terjadi kegagalan fungsional yang lebih parah.

7. Tindakan Default (*default action*) : Apa yang harus dilakukan apabila tidak ditemukan tindakan proaktif yang sesuai ?

Tindakan ini dipilih apabila tidak ditemukan penentuan yang tepat dengan proaktif task, dalam hal ini tindakan diambil pada saat komponen mengalami *failed state*.

- i. ***Failure Finding***, Tindakan yang dilakukan meliputi pemeriksaan secara detail untuk menentukan apakah terdapat kegagalan pada komponen ataupun tidak.
- ii. ***Re-design***, Tindakan yang dilakukan yaitu dengan memodifikasi komponen serta prosedur untuk mengembalikan fungsi yang diharapkan.
- iii. ***Run to failure***, Tindakan yang dilakukan yaitu dengan mengoperasikan komponen hingga mengalami kerusakan. Namun dengan catatan bahwasanya telah terlebih dahulu diidentifikasi bahwa tindakan *maintenance* tidak sebanding secara ekonomis terhadap nilai alat.

2.4.5. Tujuan Utama RCM

Dalam hal ini penerapan RCM memiliki tujuan untuk meningkatkan ketersediaan dari suatu peralatan dan untuk mengurangi biaya *maintenancenya*. Analisis suatu industri pembangkit, berdasarkan metodologi ini memberikan serangkaian hasil :

- Dapat meningkatkan pemahaman tentang bagaimana peralatan dan sistem beroperasinya.
- Dapat menganalisis semua kemungkinan kegagalan suatu sistem dan mengembangkan mekanisme untuk meminimalisir hal tersebut, apakah penyebabnya berasal dari faktor intrinsik dari peralatan itu sendiri atau oleh tindakan operator.
- Dapat menentukan serangkaian tindakan yang memastikan ketersediaan instalasi yang tinggi pada industri.

Moubray (1997) dalam bukunya juga menjelaskan bahwa apabila dalam pelaksanaan RCM memiliki tujuan yakni :

a) ***Greater Safety and Enviroment integrity***

RCM mempertimbangkan implikasi keselamatan dan lingkungan dari setiap mode kegagalan sebelum mempertimbangkan pengaruhnya terhadap operasi. Dalam hal ini RCM langkah-langkah yang diambil untuk meminimalisir bahaya terkait dengan peralatan dan keselamatan.

b) ***Improved operating performance (output, product quality and customer service)***

RCM dalam penerapannya memiliki integritas dan memberikan aturan untuk memutuskan *maintenance* yang tepat dan efektif sesuai dengan kondisi komponen.

c) ***Greater Maintenance cost effectiveness***

RCM dalam pelaksanaannya memusatkan pada kegiatan pemeliharaan yang paling berpengaruh terhadap kinerja pabrik, hal tersebut dimaksudkan agar kegiatan *maintenance* tepat sasaran. Selain itu apabila RCM diterapkan dengan

benar, maka akan mengurangi intensitas *maintenance* pada alat di setiap periode dengan rentang penurunan sebanyak 40% hingga 70%. Hal tersebut tentunya akan menghemat biaya operasional untuk *maintenance*.

d) ***Longer Usefull life of expensive items***

RCM memiliki fokus untuk pemeliharaan aset penting pada suatu sistem dan menentukan teknik *maintenance* yang sesuai kondisi sehingga meningkatkan *usefull life* dari aset.

e) ***A comprehensive database***

Penggunaan RCM yang sistematis memiliki dampak yang baik untuk memiliki database yang komprehensif dan terdokumentasi dengan rapi terhadap tindakan *maintenance* pada aset.

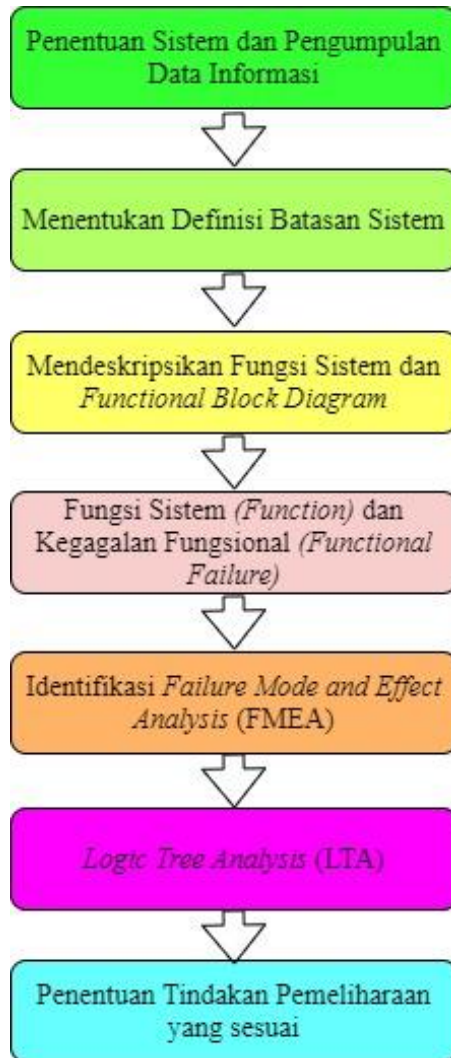
f) ***Increase the personal motivation.***

g) ***Improve team work performance***

2.4.6. Tahapan Metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

Dalam penerapannya, 7 pertanyaan dasar pada RCM dikembangkan menjadi tahapan proses untuk melakukan analisa RCM. Adapun tahapan dalam penerapan metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)* adalah sebagai berikut:

- Step 1- Penentuan sistem dan pengumpulan data informasi terkait
- Step 2 - Definisi Batasan Sistem
- Step 3 - Deskripsi Sistem dan Diagram Blok Fungsional
- Step 4 – Fungsi Sistem dan Kegagalan Fungsional
- Step 5 - Identifikasi *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*
- Step 6 – *Logic Tree Analysis (LTA)*
- Step 7 - Pemilihan Tindak pemeliharaan yang sesuai



Gambar 2. 13 Tahapan Proses Implementasi RCM

Step 1 – Penentuan sistem dan pengumpulan data informasi terkait

Proses ini merupakan tahapan awal dalam identifikasi RCM. Proses penentuan sistem dilakukan berdasarkan pertanyaan;

- Pada level tingkat apa (komponen, sistem dan *plant*) analisis RCM harus dilakukan?
- Apakah semua proses/fasilitas produksi dapat dianalisis dengan RCM, jika tidak maka apa yang akan dilakukan?

Dalam suatu industri diketahui terdapat berbagai macam sistem peralatan yang masing-masing memiliki tugas dan fungsi yang berbeda, dengan tingkat kepentingan yang berbeda. Salah satu yang terdapat pada metode 7 pertanyaan dasar RCM yang telah disebutkan sebelumnya, telah ditentukan fungsi primer pada industri tersebut, serta sistem-sistem yang paling berpengaruh bagi industri tersebut dalam upaya untuk

memenuhi fungsi primernya. Analisis RCM diketahui merupakan proses analisis yang membutuhkan banyak waktu dan investasi awal yang tinggi. Oleh karena itu, pada umumnya proses analisis RCM akan lebih difokuskan untuk pada sistem yang kritis dimana sistem tersebut sangat berpengaruh terhadap upaya pemenuhan fungsi primer suatu industri. Kegagalan yang terjadi pada sistem yang kritis tentunya dapat mempengaruhi produktivitas dari sistem itu sendiri begitu pula dengan biaya *maintenance* nya. Dalam hal ini faktor-faktor yang berpengaruh dalam pemilihan sistem yakni:

- 1) *Mean time between failure* (MTBF)
- 2) Biaya total pemeliharaan
- 3) *Mean time to repair* (MTTR)
- 4) *Availability*

Pengumpulan data yang dimaksud adalah pengumpulan informasi mengenai sistem secara detail. Informasi-informasi yang dibutuhkan yakni:

- *Diagram Piping and Instrumentation* (P&ID)
- Diagram skema sistem dan/atau diagram blok sistem
- Vendor manual dari masing-masing peralatan
- Histori kerusakan alat
- Informasi tambahan mengenai aspek finansial dari kegagalan peralatan manual sistem operasi
- Spesifikasi desain dan deskripsi sistem.

Semakin lengkap hasil rekoleksi data, hasil dari proses ini dapat dibuat semakin tepat sasaran. Beberapa tambahan pertimbangan untuk melakukan pemilihan sistem yakni:

- 1) Sistem memiliki pengaruh tinggi terhadap faktor keselamatan dan lingkungan.
- 2) Sistem memiliki preventive maintenance task dan/atau cost yang tinggi.
- 3) Sistem yang mengalami jumlah corrective maintenance task yang banyak selama dua tahun terakhir.
- 4) Sistem mengalami biaya corrective maintenance task yang tinggi selama dua tahun terakhir.
- 5) Sistem memiliki kontribusi yang tinggi kepada full dan partial outage selama dua tahun terakhir.

Step 2 – Definisi Batasan Sistem

Penentuan batasan sistem dimaksudkan agar proses identifikasi sistem dapat dilakukan secara detail dan komprehensif. Dimana batasan fisik pada sistem yang akan dianalisa ditentukan berdasarkan *Process Flow Diagram* (PFD) dan P&ID sistem. Sedangkan untuk masing-masing batasan fungsi dapat ditentukan dari *process description* yang kemudian akan disesuaikan dengan aset register untuk menentukan komponen/peralatan yang akan dianalisa sesuai dengan fungsi tersebut. Dalam hal ini pembuatan pembatasan sistem sangatlah penting karena:

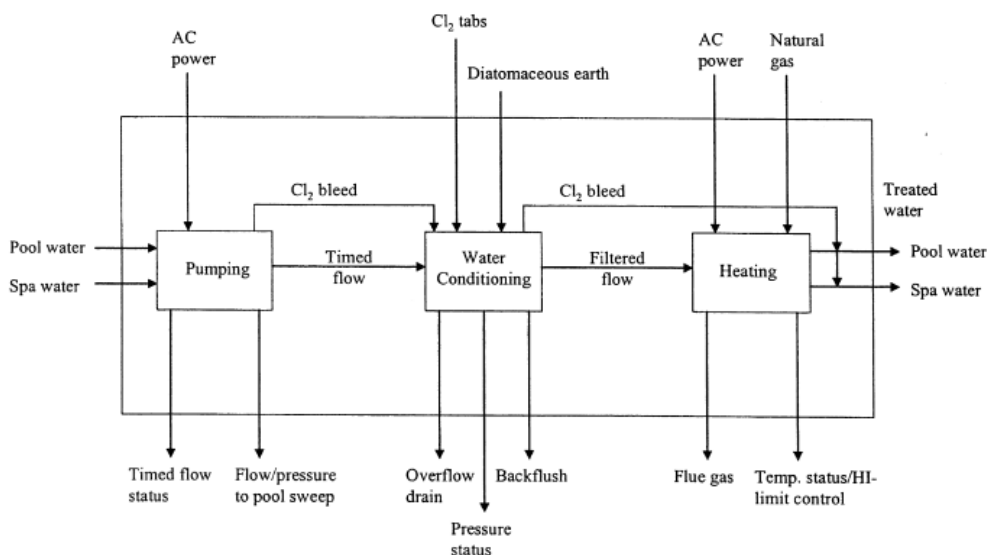
- Untuk mengetahui secara tepat dan detail terkait sistem yang dianalisa sehingga dapat diidentifikasi dengan mudah komponen apa saja yang termasuk dan tidak termasuk dalam sistem.

- Untuk mengetahui batasan-batasan analisa agar proses analisa lebih detail dan untuk menentukan input (*IN interface*), output (*OUT interface*) pada sistem serta fungsi dari sistem. Input dan output dalam hal ini dapat dideskripsikan berupa daya, sinyal, aliran, kalor, dsb. Pengetahuan terkait dengan IN dan OUT pada sistem sangatlah diperlukan untuk memastikan akurasi dalam proses analisis sistem yang dilakukan, terutama dalam hal ini terkait dengan fungsi sistem dan fungsi komponen dalam sistem.

Step 3 - Deskripsi Sistem dan *Functional Block Diagram (FBD)*

Dalam hal ini deskripsi sistem dilakukan untuk menganalisa terkait dengan komponen utama dan komponen pendukung dalam sistem secara fungsi dan bagaimana satu sama lain komponen saling berhubungan dalam proses operasi sistem. Deskripsi sistem sangatlah diperlukan dalam proses analisa RCM, hal ini dimaksudkan untuk mengetahui cara kerja sistem, hubungan antar sistem, fungsi sistem serta input dan output yang ada pada sistem yang akan dianalisa. Dimana deskripsi sistem tersebut harus disesuaikan dengan kondisi riil yang ada di lapangan dan yang paling penting deskripsi sistem dapat membantu proses identifikasi terakit paramater-parameter operasional sistem yang berperan penting dan berpengaruh dalam sistem yang dapat berdampak pada degradasi atau hilangnya fungsi sistem yang diinginkan.

Sedangkan *Functional Block Diagram (FBD)* merupakan representasi dari fungsi-fungsi utama pada sistem dan divisualisasikan dengan blok-blok fungsi. FBD dapat ditentukan untuk menunjukkan struktur fungsional sistem, diagram proses aliran kerja dan hubungan antar komponen pada suatu sistem sesuai dengan fungsi masing-masing.



Gambar 2. 14. Contoh *Functional Block Diagram (FBD)*
(Sumber: Smith, 2004)

Step 4 – Fungsi Sistem (*Function*) dan Kegagalan Fungsional (*Functional Failure*)

Fungsi dalam hal ini dapat diartikan sebagai suatu kemampuan peralatan/komponen untuk dapat menjalankan standar performanya sesuai yang diinginkan oleh operator. Fungsi (*function*) dapat menyangkut fungsi primer maupun sekunder. Fungsi untuk sistem, equipment, dan komponen harus diidentifikasi secara benar dan jelas dalam mendeskripsikannya. Saat mengidentifikasi fungsi, mode operasi yang berlaku dan konteks operasi harus terdaftar. Sedangkan kegagalan fungsi dapat diartikan ketidakmampuan suatu *equipment* dalam menjalankan fungsi sesuai dengan standar performa yang diinginkan. Dalam hal ini semua kegagalan fungsi harus dicatat dengan jelas dan benar untuk setiap fungsinya. Kegagalan fungsi dapat dideskripsikan dengan pernyataan kekurangan dari standar performa yang telah dicatat dan diinginkan pada fungsi.

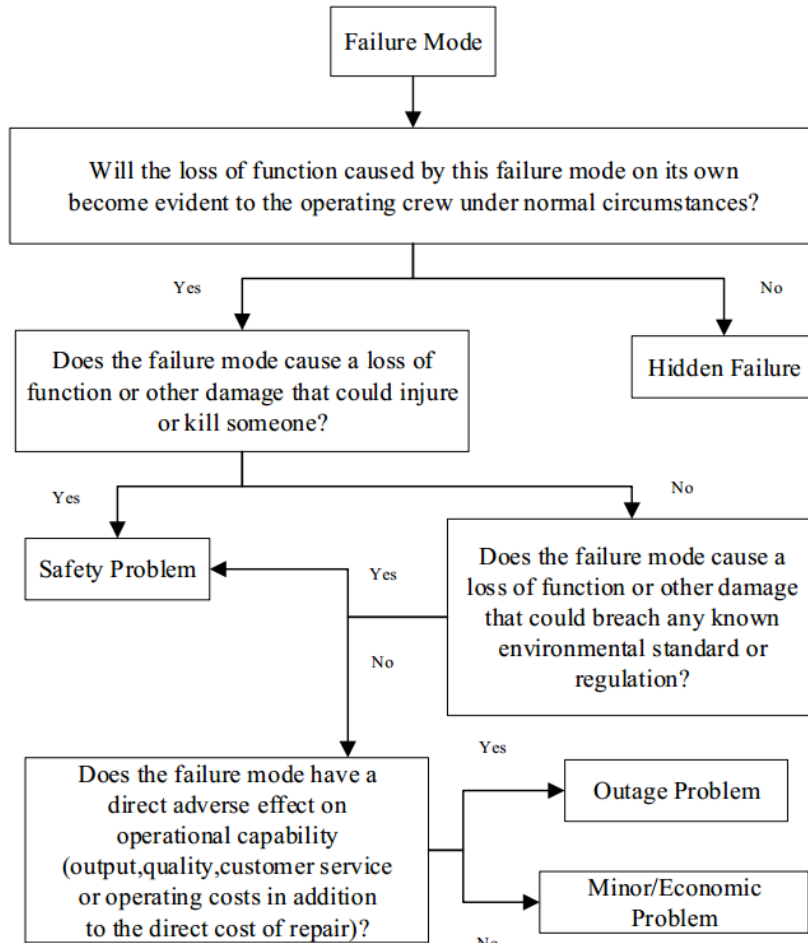
Step 5 - Identifikasi *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

FMEA diketahui merupakan suatu metode evaluasi terkait kemungkinan terjadinya sebuah kegagalan dari sebuah sistem, desain, proses ataupun suatu komponen untuk menentukan langkah penanganannya. Dalam analisa FMEA, setiap kemungkinan kegagalan yang terjadi akan diidentifikasi untuk menentukan prioritas penanganannya. Berikut penjelasannya:

- Mode kegagalan (*Failure Mode*)
Failure mode dalam hal ini dapat diartikan sebagai suatu kejadian yang menyebabkan *equipment* mengalami kegagalan fungsi atau dapat dikatakan sebagai penyebab kegagalan fungsi. *Failure mode* yang dideskripsikan harus berhubungan langsung dengan kegagalan fungsional yang dicatat sebelumnya. *Failure mode* yang dicatat harus dipastikan bahwa merupakan kegagalan yang telah terjadi atau kemungkinan dapat terjadi namun belum dapat diatasi atau yang mungkin akan terjadi.
- Dampak kegagalan (*Failure Effect*)
 Merupakan dampak dari kegagalan yang ditimbulkan. Dalam hal ini *failure effect* dapat dideskripsikan dengan pernyataan hal yang dapat terjadi atau dampak yang ditimbulkan apabila suatu kegagalan terjadi. Namun *failure effect* tidak dapat dideskripsikan seperti *failure consequence*.

Step 6 – *Logic Tree Analysis* (LTA)

Logic Tree Analysis (LTA) merupakan metode yang digunakan untuk melihat dampak yang ditimbulkan oleh masing-masing mode kegagalan yang terjadi. Tujuan LTA yakni untuk mengklasifikasikan mode kegagalan ke dalam beberapa kategori sehingga dapat menentukan jenis task dan tingkat prioritas penanganannya. Dalam hal ini diagram LTA mencakup *hidden/evident failure consequence*, *safety problem* serta *outage problem* dan *economic problem*. Flowchart LTA dapat dilihat pada **Gambar 2.15**.



Gambar 2. 15 Flowchart Logic Tree Analysis (LTA)
(Sumber: Smith, 2004)

Step 6 - Pemilihan Tindak pemeliharaan yang sesuai

Salah satu hasil dari proses analisa RCM adalah tindak pemeliharaan yang tepat dan sesuai dengan kondisi kekritisan peralatan yang dikaji. Dimana dalam hal ini penentuan *maintenance task* ditinjau berdasarkan tingkat kekritisan komponen ataupun sistem serta histori kerusakan yang sebelumnya terjadi.

Moubray (1997) dalam bukunya RCM II, menyatakan bahwa penentuan *maintenance task* yang sesuai dapat dibedakan menjadi 2 yakni *preventive task* dan *default actions*.

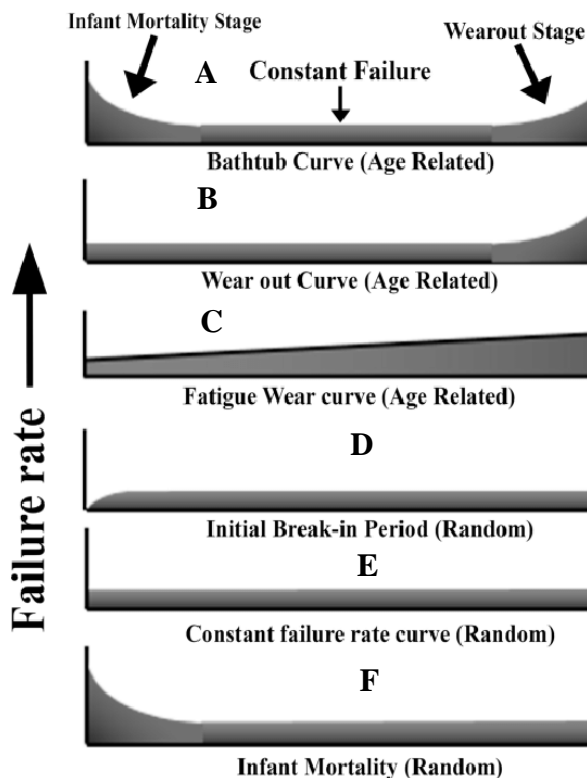
Dalam penjelasannya *preventive task* dapat dilakukan:

- Apabila mode kegagalan bersifat *hidden consequence* maka *prevetive task* yang ditentukan harus dapat menjamin tingkat keselamatan dan ketersediaan (*availability*) sesuai dengan yang diinginkan. Hal ini agar risiko dari *multiple failure* yang terjadi dapat diminimalisir. Namun apabila langkah *preventive task* tidak dapat ditentukan, maka dapat ditentukan dengan menggunakan *default*

action. Dalam hal ini *default action* yang dapat digunakan untuk mengatasi *hidden failure* adalah *schedule failure finding task*.

- Apabila mode kegagalan bersifat *safety and enviromental consequence* maka penentuan *preventive task* harus dapat meminimalisir atau menghilangkan dampak dari kegagalan tersebut. Namun apabila langkah preventive task tidak dapat ditentukan, maka dapat ditentukan dengan menggunakan *default action*. Dalam hal ini *default action* yang dapat digunakan untuk mengatasi *safety and enviromental consequence* adalah *redesign*.
- Apabila mode kegagalan bersifat *operational and non operational consequence*, maka dalam penentuan *preventive task* harus mempertimbangkan faktor ekonomis biaya dalam melakukan *maintenance* yakni harus lebih murah daripada dilakukan penggantian komponen yang rusak. Namun apabila langkah preventive task tidak dapat ditentukan, maka dapat ditentukan dengan menggunakan *default action*. Dalam hal ini *default action* yang dapat digunakan untuk mengatasi *operational and non operational consequence* adalah *no schedule maintenance*.

Penentuan *maintenance task* yang sesuai dapat ditinjau berdasarkan *age related* atau *random failure* sesuai dengan kurva pola kegagalan. **Gambar 2.16** di bawah ini menunjukkan kurva pola kegagalan yang dapat terjadi pada suatu komponen. Dimana dalam hal ini kurva terdiri dari 6 kurva pola kegagalan, berikut penjelasannya :



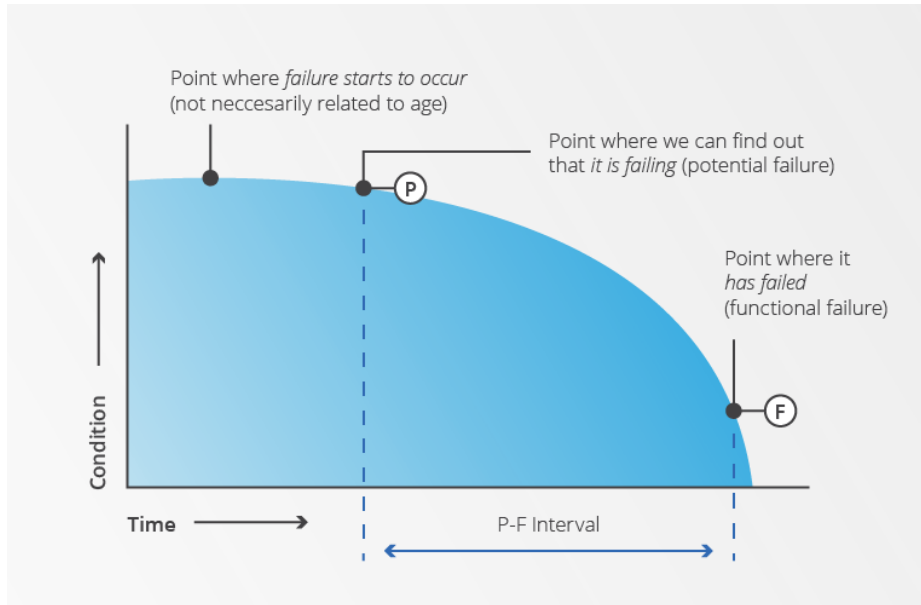
Gambar 2. 16 Six Classic Failure Rate Patterns
(Sumber: RCM, F. Stanley Nowlan and Howard F. Heap)

Dari **Gambar 2.16** dapat dilihat bahwa terdapat enam pola kegagalan. Pola A, B, dan C merupakan pola yang bergantung pada umur peralatan (*age related*). Pola *age related* umumnya diasosiasikan dengan peralatan yang terekspos dengan produk. Pola ini juga dapat diasosiasikan dengan *fatigue*, oksidasi, dan korosi. Untuk ketiga pola ini, metode pemeliharaan yang sesuai adalah *scheduled restoration task* (kegiatan restorasi peralatan/komponen melihat kondisi peralatan) dan *scheduled discard task* (kegiatan penggantian peralatan/komponen tanpa melihat kondisi peralatan). Penentuan maintenance berdasarkan *age related* dapat dilakukan dengan tahapan sesuai dengan **Gambar 2.17** *Task Selection Age Related Failure*.

Sedangkan untuk pola kegagalan D, E, F memiliki karakteristik *random failure* dimana kegagalan dapat diidentifikasi dengan menggunakan P-F Interval. P-F interval diketahui merupakan interval antara titik awal terjadinya *potential failure* hingga titik dimana *functional failure* terjadi. Untuk pola D, E, dan F dilakukan proses *scheduled on-condition task*. P-F interval dicontohkan pada **Gambar 2.18** P-F interval.



Gambar 2. 17. *Task Selection Age Related Failure*
(Sumber: Moubray, 1997)

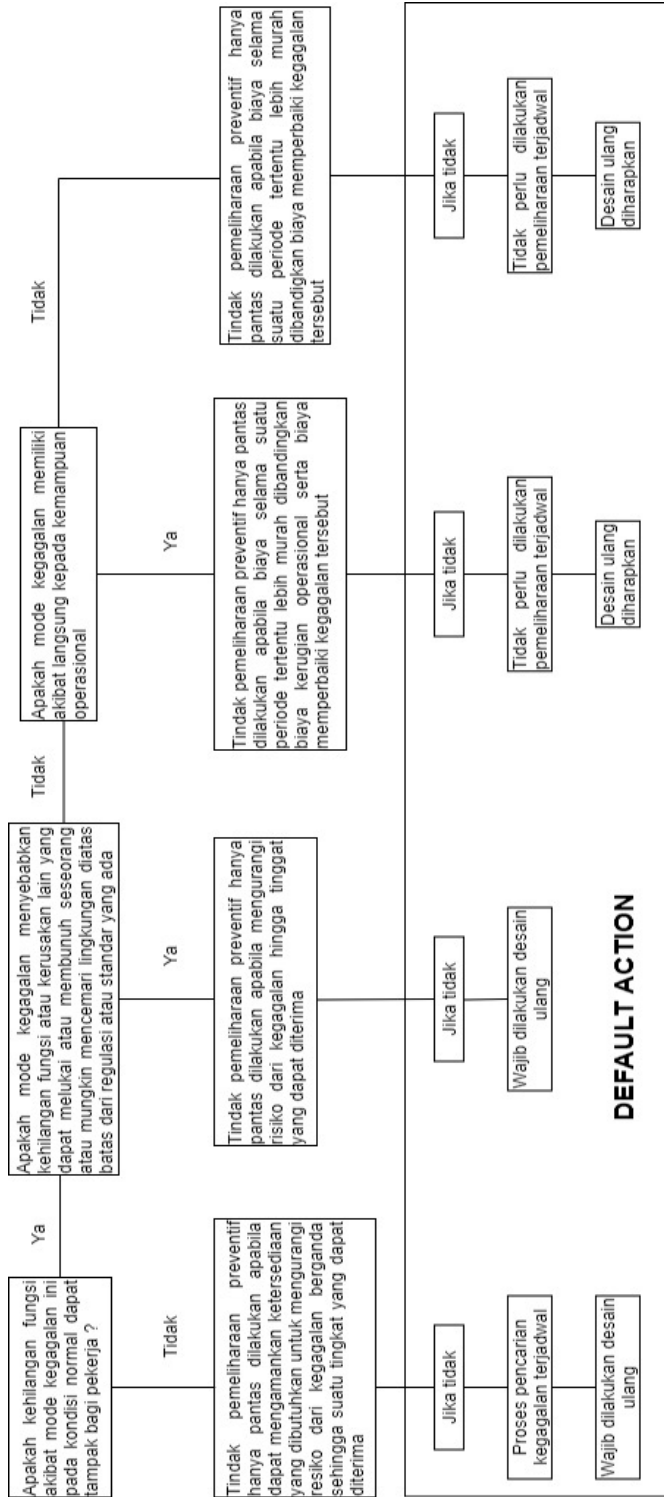


Gambar 2. 18 P-F interval

(Sumber: www.fiixsoftware.com/blog/what-is-the-p-f-curve-p-f-interval/)

P-F interval ini menjadi dasar kapan dilaksanakan *scheduled task*. Tindakan korektif dilakukan saat peralatan yang dimonitor terlihat sudah mulai memasuki P-F Interval. Tindakan yang dilakukan bergantung pada peralatan yang dipelihara, namun tujuan dari tindakan korektif tersebut adalah untuk mengembalikan kondisi peralatan menjadi seperti semula.

Sedangkan untuk penentuan *maintenance task default action*, dapat ditentukan dengan menggunakan *decision diagram default action* sesuai pada **Gambar 2.19** *Default Action Task*.



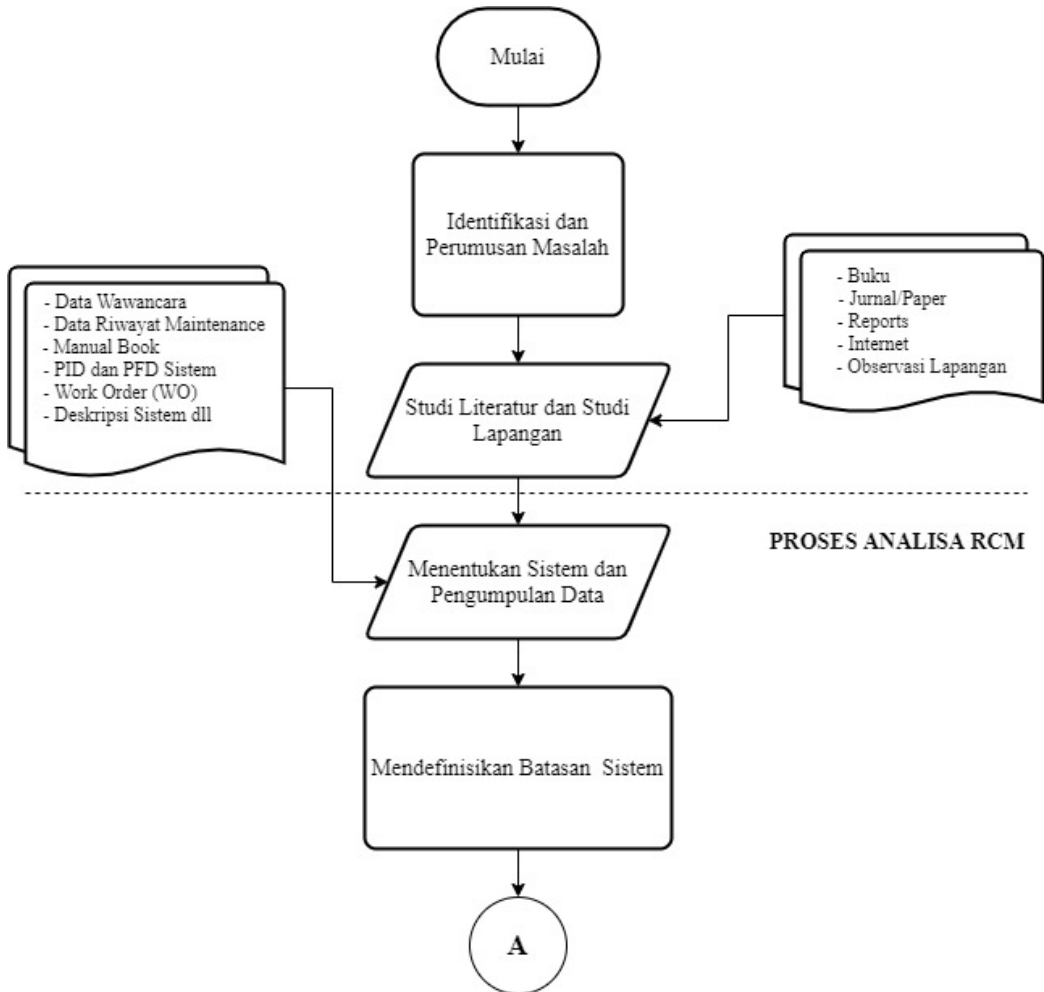
Gambar 2.19 Flowchart Penentuan Default Actions (Sumber: Moubray, 1997)

Kondisi kapan memilih tindakan *maintenance* selain dari mengikuti masing-masing flowchart namun dapat juga sebagai berikut:

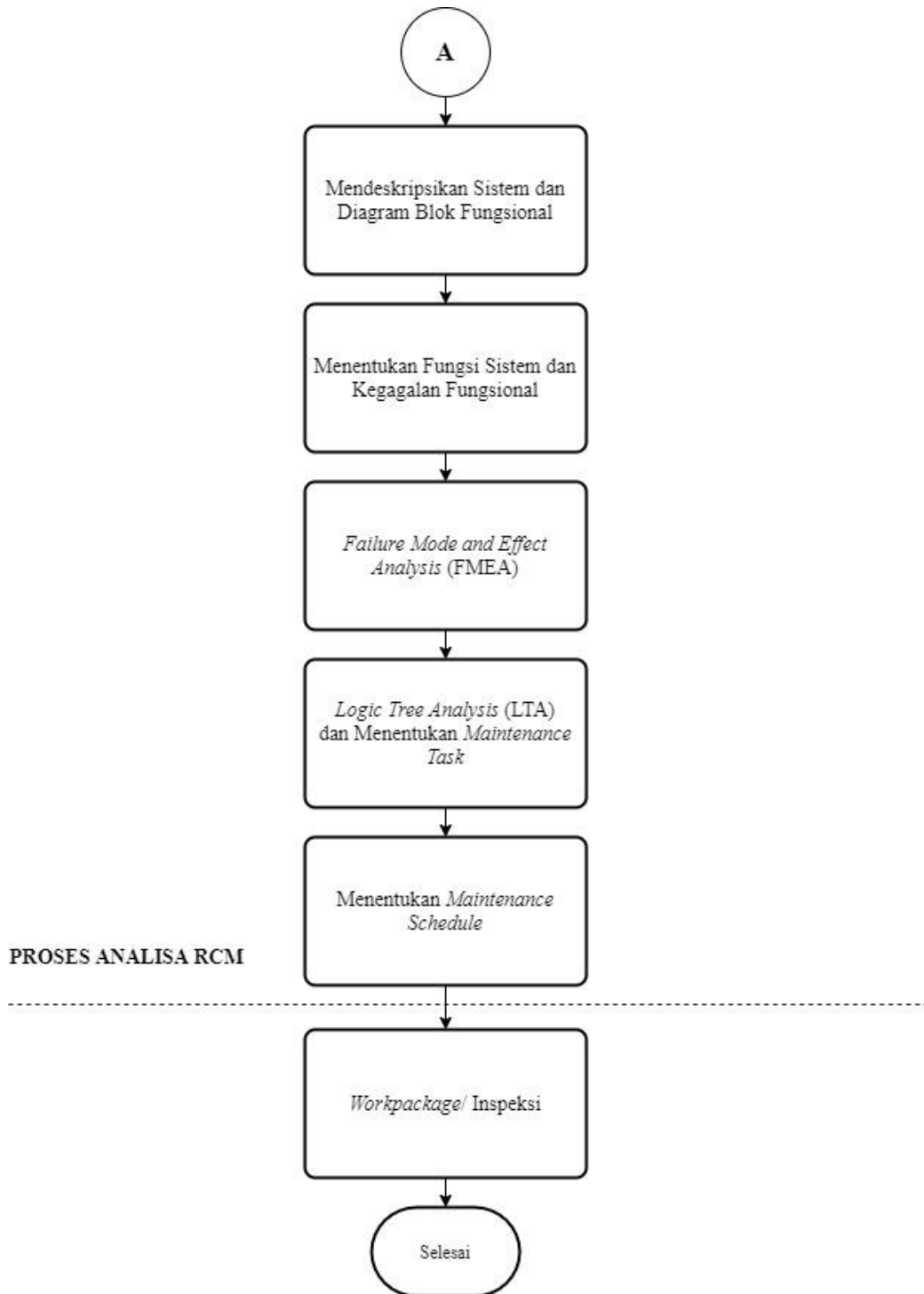
- *Scheduled on-condition task*, dapat dilakukan apabila memenuhi syarat *technical feasible* dan *worth doing*, dalam artian secara teknis layak untuk dilakukan. *Scheduled on-condition task* dapat dilakukan untuk mode kegagalan yang bersifat *hidden failure* dan harus mampu mereduksi *multiple failure* yang terjadi, peralatan/komponen yang dapat dan mudah untuk dimonitor kondisinya, dan peralatan/komponen yang memiliki PF-interval yang konsisten sehingga memiliki acuan apabila terjadi kerusakan (*potensial failure condition*).
- *Scheduled restoration task*, dapat dilakukan apabila memenuhi syarat *technical feasible* dan *worth doing*, dalam artian secara teknis dan ekonomis layak untuk dilakukan. *Scheduled restoration task* dapat dilakukan untuk peralatan/komponen yang dapat diidentifikasi usianya dan tergolong kerusakan *age related*, untuk peralatan/komponen yang memiliki *safety and enviromental consequennce*, ketika *scheduled restoration task* dilakukan peralatan/komponen harus dapat *survive* hingga usia alat yang telah ditentukan, ketika *scheduled restoration task* dilakukan harus mampu mengembalikan kondisi peralatan/komponen seperti semula dengan proses restorasi. Dalam hal ini juga harus ditinjau dari P-F interval peralatan, P-F interval yang dimiliki harus yang cukup panjang agar dapat *scheduled restoration task* dilakukan.
- *Scheduled discard task*, dapat dilakukan apabila memenuhi syarat *technical feasible* dan *worth doing*, dalam artian secara teknis dan ekonomis layak untuk dilakukan. *Scheduled discard task* merupakan *maintenance task* yang dilakukan dengan melakukan penggantian baru pada peralatan yang rusak. *Scheduled discard task* dapat dilakukan untuk peralatan/komponen yang dapat diidentifikasi usianya dan tergolong kerusakan *age related* dan komponen yang memiliki P-F Interval yang sudah mendekati *functional failure* dalam artian kerusakan yang terjadi tidak diperbaiki lagi sehingga perlu dilakukan penggantian dengan yang baru.
- *Scheduled failure finding task*, dapat dilakukan apabila memenuhi syarat *technical feasible* dan *worth doing*, dalam artian secara teknis layak untuk dilakukan dilakukan. *Scheduled failure finding task* dapat dilakukan untuk mode kegagalan yang bersifat *hidden failure*. Dimana ketika *Scheduled failure finding task* dilakukan harus mampu mengetahui dan mereduksi *multiple failure* yang terjadi. *Scheduled failure finding task* dapat dilakukan untuk peralatan cadangan seperti *standby pump* dan *fail-safe devices*.
- *No scheduled maintenance*, merupakan *default action* dimana dalam hal ini tidak dilakukan tindakan *maintenance* terhadap kerusakan alat. *No scheduled maintenance* dapat dilakukan apabila memenuhi syarat *technical feasible* dan *worth doing*, dalam artian secara teknis layak untuk dilakukan.
- *Redesign*, dapat dilakukan apabila tindakan lainnya tidak dapat dilakukan karena keterbatasan alat yang tersedia, serta proses pemeliharaan tidak terjadwal bukan pilihan yang layak bagi peralatan/komponen tersebut.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini, menjelaskan beberapa skema pengerjaan penelitian yang meliputi prosedur atau langkah-langkah yang dilakukan, data yang diperlukan, serta metode pendekatan yang akan digunakan untuk menjawab rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini. Adapun langkah-langkah dalam proses penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.1** dan **Gambar 3.2** *Flow Chart Diagram* sebagai berikut :



Gambar 3. 1. *Flowchart* Diagram Pengerjaan (1)



Gambar 3. 2. Flowchart Diagram Pengerjaan (2)

3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap ini merupakan tahap awal dalam penyusunan penelitian tugas akhir dimana bertujuan untuk menentukan latar belakang permasalahan terkait dengan tema penelitian yang dibahas. Dalam tahap ini dilakukan proses identifikasi, dimana identifikasi dilakukan dengan berdiskusi dan mencari referensi dari buku, jurnal/paper terkait sebagai pendukung latar belakang dan rumusan permasalahan serta untuk menentukan metode penyelesaian masalah.

3.2. Studi Literatur dan Studi Lapangan

Studi literatur dan studi lapangan merupakan tahap selanjutnya setelah melakukan identifikasi dan perumusan masalah dalam penelitian ini. Dimana studi literatur dilakukan dengan tujuan untuk merangkum teori-teori dasar, acuan secara umum maupun khusus dan juga untuk memperoleh berbagai informasi pendukung lainnya yang berkaitan dengan penelitian. Studi literatur yang digunakan dalam penelitian ini yakni studi literatur yang didapat dari buku, jurnal/paper (*science direct, ResearchGate, dll*), *guideline/standard* yang digunakan, dan juga skripsi/thesis yang berkaitan. Selain itu penulis juga melakukan studi lapangan dengan tujuan untuk memperoleh informasi dari ahli yang berkaitan dengan objek penelitian. Studi lapangan dilakukan dengan melakukan wawancara, observasi lapangan dan juga melakukan kajian terkait dengan objek penelitian yang ada di lapangan.

Hasil dari tahap studi literatur ini akan digunakan sebagai rujukan dalam pengambilan keputusan dan juga untuk menjawab rumusan masalah yang telah disebutkan sebelumnya. Adapun hasil studi literatur yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 1. Hasil Studi

Referensi	Hasil yang diperoleh
Guideline: RCM II (Moubray, 1997) RCM Gateway to World Class Maintenance (Smith, 2004)	Pedoman dalam penyusunan langkah-langkah dalam analisa RCM meliputi penentuan sistem, batasan sistem, deskripsi sistem, FBD, FMEA, dan Maintenance task.
Jurnal dan Paper	Referensi tambahan dalam menentukan latar belakang, penelitian terkait dan metodologi penelitian.
Manual Book dan Deskripsi sistem	Referensi tambahan terkait pengertian, fungsi, proses kerja dan standar performa dari sistem.
Pustaka Internet	Definisi istilah <i>close cooling system</i> , jenis dan komponen cooling system.

3.3. Menentukan Sistem dan Pengumpulan Data

Setelah melakukan studi literatur dan studi lapangan, tahap selanjutnya yang dilakukan adalah menentukan sistem yang akan dianalisa dan juga melakukan pengumpulan data terkait. Dalam penelitian ini, berdasarkan studi literatur dan studi lapangan penulis menentukan *close cooling water system* sebagai objek penelitian yang akan dianalisa, dan kemudian diikuti dengan melakukan pengumpulan data dan berbagai

informasi terkait. Metode pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data terkait seperti deskripsi sistem, maintenance dan operasional *equipment* dari sebuah perusahaan. Pada proses pengumpulan data, ada dua proses yakni dengan melakukan wawancara ke pihak-pihak yang secara langsung menangani atau bekerja di bagian *maintenance* dan mengambil data informasi dari *manual book*, *log sheet* dan dokumen-dokumen lain yang berkaitan dengan *maintenance* dan operasional dari *equipment*. Adapun data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah:

- *Manual book* masing-masing *equipment*
- Data waktu perbaikan (*downtime*)
- PID dan PFD sistem
- Data *maintenance* yang dilakukan
- Deskripsi sistem (fungsi primer dan sekunder pada sistem/*equipment*)
- *Work Order* (WO)

3.4. Mendefinisikan Batasan Sistem

Tahap selanjutnya setelah menentukan sistem dan melakukan pengumpulan data adalah menentukan batasan sistem yang akan dianalisa. Dalam pembangkit tenaga listrik terdapat beberapa sistem sebagai penunjang proses produksi salah satunya adalah *close cooling water system* dimana sistem ini secara fungsi digunakan sebagai pendingin dan untuk menghilangkan panas atau memindahkan panas yang terkandung dalam peralatan penunjang lainnya. *Close cooling water system* terdiri dari beberapa komponen penting seperti tanki, pompa, *heat exchanger* dan juga valve dimana komponen tersebut saling terintegrasi satu sama lain sehingga ketika terjadi kegagalan pada satu komponen maka akan berpengaruh pada komponen lainnya dan sistem *close cooling* secara umum. Penentuan batasan sistem pada penelitian ini berdasarkan deskripsi sistem, PFD sistem dan juga asset register.

3.5. Mendeskripsikan Sistem dan *Functional Block Diagram* (FBD)

Pada tahap selanjutnya melakukan identifikasi dan deskripsi sistem, dimana diperlukan untuk mengetahui secara fungsi dan sistem kerja dari *close cooling water system*. Sistem kerja dan beberapa fungsi asset yang diidentifikasi akan diilustrasikan pada *Functional Block Diagram* (FBD). Dimana FBD ini digunakan untuk mendeskripsikan hubungan antara fungsi satu dengan fungsi lainnya dalam sistem. Selain menunjukkan fungsi asset dan bagian-bagian di dalamnya, FBD juga menjelaskan hubungan dan aliran kerja antar fungsi yang membentuk suatu sistem dan batasan yang dimiliki sistem tersebut. Penentuan FBD pada penelitian ini berdasarkan deskripsi sistem dan juga PFD sistem.

3.6. Menentukan Fungsi Sistem (*Function*) dan Kegagalan Fungsional (*Functional Failure*)

Dalam hal ini mencangkup fungsi dan sistem kerja sistem secara umum. Fungsi dalam hal ini dapat diartikan sebagai suatu kemampuan peralatan/komponen untuk dapat menjalankan standar performanya sesuai yang diinginkan oleh operator. Dalam penulisan fungsi yang perlu diperhatikan adalah:

- Pada umumnya setiap pernyataan fungsi harus mendefinisikan hanya 1 fungsi, meskipun dapat menggabungkan lebih dari 1 standar performa. Sebagai aturan setiap fungsi hanya mengandung 1 kata kerja (kecuali pada *protective device*)
- Setiap penulisan fungsi hanya mengandung kata kerja, kata benda dan harus menunjukkan standar performanya.
- Standar performa yang dideskripsikan harus *quantified* dan tepat serta harus menunjukkan apa yang dapat dilakukan oleh suatu aset pada konteks operasi saat ini (*what it can do*)
- Semua *protective device* harus dicatat dan fungsinya harus dideskripsikan dengan tepat (*ex: To do X if Y occurs*)
- Fungsi semua alat ukur dan indikator harus dicatat dengan akurasi yang diinginkan.

Sedangkan kegagalan fungsi merupakan ketidakmampuan asset untuk memenuhi fungsinya sesuai dengan standar performa yang diinginkan. Dalam hal ini yang perlu diperhatikan dalam penulisan urutan kegagalan fungsi antara lain:

- *Total and partial failure*
- *Upper and lower limits*
- *Gauge and indikator*
- *Operating context*

Berikut ini merupakan contoh penulisan fungsi dan kegagalan fungsi yang tepat:

Tabel 3. 2. Function and Functional Failure

<i>Function</i>	<i>Functional Failure</i>
<i>To channel all the hot turbine gas without restriction to a fixed point 10m above the roof of the turbine hall</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Unable to channel gas at all</i> • <i>Gas flow restricted</i> • <i>Fails to contain the gas</i> • <i>Fail to convey gas to a point 10m above the roof</i>

3.7. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Selanjutnya dilakukan analisa FMEA untuk menentukan potensi kegagalan yang dapat terjadi dan dampak yang ditimbulkan. Dalam hal ini *failure mode* yang dapat dicatat dan digunakan meliputi; kegagalan yang pernah terjadi sebelumnya, kegagalan yang terjadi pada perawatan rutin asset dan kegagalan lain yang belum pernah terjadi sebelumnya namun berpotensi untuk terjadi. Failure mode harus dijelaskan secara detail untuk mempermudah dalam menentukan strategi *maintenance*. Penentuan failure mode dapat bersumber dari:

- *Manufacture vendor*
- Kegagalan umum yang pernah terjadi pada asset yang sama
- Histori kerusakan asset
- Dan dapat bersumber dari hasil wawancara dengan operator dari asset.

Dalam penulisan *failure mode*, hal yang perlu diperhatikan adalah:

- Harus menyertakan kata kerja, bukan hanya menentukan komponen yang mengalami kegagalan.
- Deskripsi *failure mode* tidak boleh menggunakan kata kerja yang telah digunakan pada kegagalan fungsional yang telah ditentukan sebelumnya.
- Apabila kegagalan pada *switch* dan *valve*, maka harus mengindikasikan kegagalan yang terjadi dalam kondisi terbuka atautah tertutup

Sedangkan untuk *failure effect* mendeskripsikan hal yang terjadi/dampak yang ditimbulkan apabila kerusakan terjadi. Dalam deskripsi *failure effect* harus mencakup:

- Apa dan bagaimana kegagalan dapat diketahui oleh *operating crew*.
- Apa dan bagaimana kegagalan tersebut berdampak pada keselamatan dan lingkungan.
- Efek yang ditimbulkan pada produksi dan operasional yang mencakup output, kualitas produk akibat kegagalan asset.
- Dampak kerusakan lainnya
- *Downtime* akibat kegagalan asset

Proses identifikasi FMEA dapat meningkatkan kinerja, keselamatan dan juga untuk mengantisipasi kegagalan. Hasil dari analisa FMEA akan ditulis dalam RCM II *Information worksheet* dan akan digunakan untuk menentukan *maintenance task* yang sesuai. Berikut merupakan contoh template RCM II *Information worksheet*.

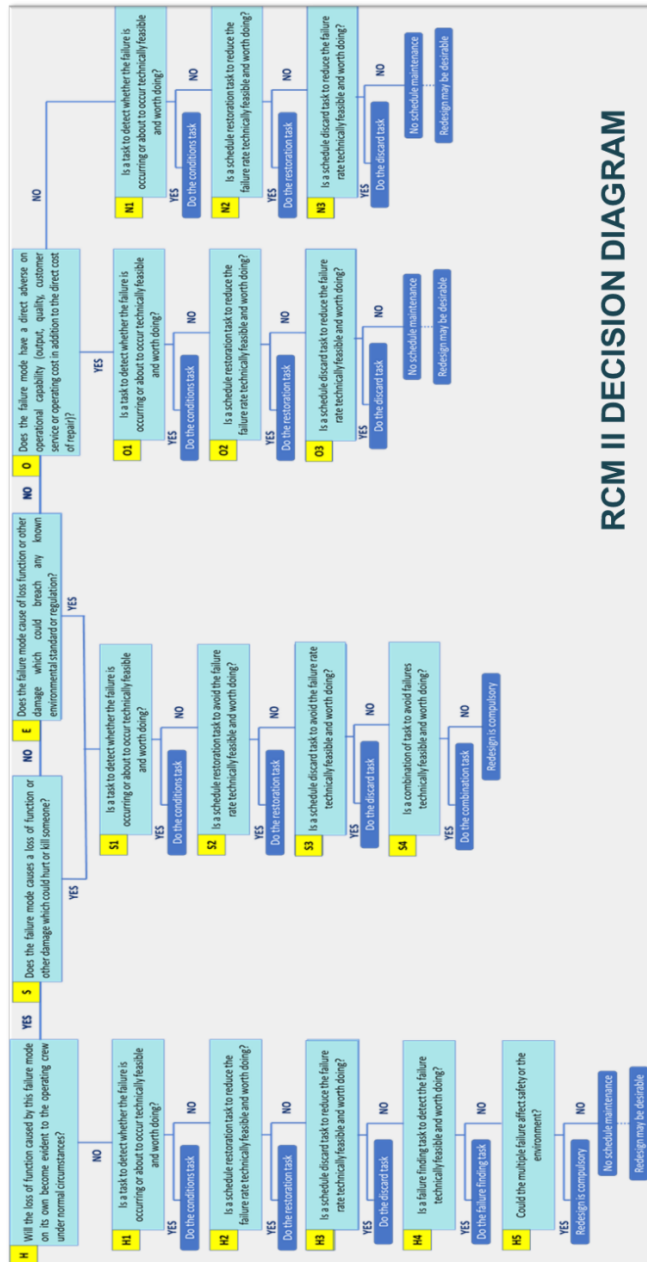
Tabel 3. 3. Template RCM II *Information Worksheet*

RCM II	SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
INFORMATION	5 MW Gas Turbine	216-05	N Smith	7/7/1996	1
WORKSHEET	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
© 1996 ALADON LTD	Exhaust System	216-05-11	P Jones	7/8/1996	3
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
1 To channel all the hot turbine gas without restriction to a fixed point 10m above the roof of the turbine hall	A Unable to channel gas at all	1 Silencer mountings corroded away	1 Silencer assembly collapses and falls to bottom of stack. Back pressure causes the turbine to surge violently and shut down on high exhaust gas temperature. Downtime to replace silencer up to four weeks		
	B Gas flow restricted	2 Part of silencer fail off due to fatigue	2 Depending on nature of blockage, exhaust temperature may rise to where it shuts down the turbine. Debris could damage parts of the turbine. Downtime to repair silencer 4 week		

3.8. Logic Tree Analysis (LTA) dan Menentukan Maintenance Task

Setelah melakukan analisa FMEA dan pengisian RCM II *information worksheet*, tahapan selanjutnya adalah menentukan tindak pemeliharaan yang sesuai dan pengisian RCM II *decision worksheet*. Dimana dalam hal ini proses pemilihan tindak pemeliharaan berdasarkan atas *guidelines* yang telah tercantum dalam buku RCM II. Tindakan pemeliharaan secara garis besar dapat dikategorikan menjadi 2 yakni tindakan *preventive task* dan *default action*. Pemilihan tindakan pemeliharaan berdasarkan *failure mode* dari masing-masing peralatan yang ada pada RCM II *Information worksheet*. Namun sebelumnya mengklasifikasikan mode kegagalan (*failure mode*) ke dalam beberapa

kategori sehingga dapat menentukan jenis task dan tingkat prioritas penanganannya menggunakan *Logic Tree Analysis (LTA)*, kemudian diikuti dengan menentukan maintenance task yang sesuai dengan mengikuti RCM II *decision diagram* seperti yang ada pada **Gambar 3.3 Decision Diagram RCM II**.



Gambar 3.3 Decision Diagram RCM II
(Sumber: Moubray, 1997)

3.9. Maintenance Schedule

Setelah menentukan *proposed task*, selanjutnya menentukan *maintenance schedule* untuk masing-masing *failure mode* sesuai dengan *proposed task* yang telah ditentukan sebelumnya. Dalam hal ini penentuan *maintenance schedule*, penulis mengacu kepada manual book, jurnal dan data *maintenance* yang sudah dilakukan.

3.10. Work package / Inspeksi

Menjelaskan hasil analisis data dan menjawab tujuan dari penelitian ini. serta memberikan rekomendasi tindakan perawatan yang dapat dilakukan untuk meminimalisir kerusakan yang dapat terjadi pada sistem maupun komponen dari *close cooling water system*.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab hasil dan pembahasan ini menjelaskan terkait proses analisa RCM, pengumpulan data serta hasil analisa dari masing-masing tahapan penelitian.

4.1. Analisa RCM

Dalam penelitian ini, penulis melakukan proses dasar RCM berdasarkan referensi dari buku *Reliability Centered Maintenance II* oleh John Moubray. Proses RCM memiliki suatu bentuk keluaran (*output*) yang dapat berupa worksheet. Dimana worksheet digunakan untuk mencatat hasil dari setiap tahapan dalam analisa RCM. Penggunaan worksheet ini dapat memudahkan dalam proses pencatatan dan tinjauan ulang. Berikut merupakan langkah dari RCM yang juga dapat dijadikan sebagai form data dalam penyusunan worksheet:

- Lampiran 1 Deskripsi Sistem
- Lampiran 2 Penentuan Sistem, Asset Register dan Asset Hierarki
- Lampiran 3 Definisi Batasan Sistem
- Lampiran 4 *Functional Block Diagram* (FBD)
- Lampiran 5 RCM II *Information Worksheet*
- Lampiran 6 RCM II *Decision Worksheet* (*Logic Tree Analysis* dan *Maintenance Task*)
- Lampiran 7 *Work package*

Metode pengisian serta data yang dapat digunakan dalam form lampiran akan dijelaskan secara bertahap seiring dengan contoh proses pelaksanaan setiap langkah RCM yang dilakukan oleh penulis.

4.2. Menentukan Sistem dan Pengumpulan Data

Pada penelitian ini dilakukan penentuan sistem yang akan dianalisa, dimana sistem tersebut adalah *close cooling system*. Penentuan sistem berdasarkan masukan dari dosen pembimbing yang didukung oleh data-data yang didapatkan baik dari studi literatur maupun studi lapangan yang telah dilakukan. Setelah menentukan sistem yang akan dianalisa, kemudian dilakukan pengumpulan dan pengolahan data terkait penelitian. Dalam penelitian ini rekoleksi data yang dilakukan adalah pengumpulan data dan informasi yang berkaitan dengan objek penelitian. Dimana data yang dikumpulkan melalui proses studi literatur, hasil observasi lapangan dan juga hasil wawancara dengan pihak terkait. Penelitian ini dilakukan observasi lapangan di PLTU Unit 7 lebih tepatnya pada departemen operasional dan maintenance. Dalam observasi lapangan, proses pengumpulan data dilakukan dengan melakukan wawancara dengan operator ataupun dari pihak maintenance dan juga melakukan studi terkait data-data yang diperlukan seperti data dari *manual book*, *logsheet* dan beberapa dokumen terkait. Adapun data yang diperoleh adalah

1) *Manual book masing-masing equipment*

Adapun data yang diperoleh dalam *manual book* digunakan untuk menentukan jenis kegagalan yang dapat terjadi pada equipment, menentukan

maintenance yang dapat dilakukan dan juga spesifikasi dari masing-masing equipment.

2) **General Process Flow Diagram (PFD) system**

Data yang diperoleh dari gambar PFD sistem digunakan untuk menentukan batasan dari equipment sistem yang akan dianalisa, menentukan fungsi masing-masing komponen dan hubungan antar komponen dalam sistem.

3) **Deskripsi sistem (fungsi primer dan sekunder pada sistem/equipment)**

Data deskripsi sistem dalam hal ini digunakan untuk mengetahui sistem kerja dari *close cooling system*, komponen *close cooling system*, fungsi sistem, PFD sistem, menentukan asset register dan asset hierarki serta spesifikasi komponen sistem.

4) **Work Order (WO)**

Data work order dapat digunakan untuk mengetahui jenis kerusakan pada komponen *close cooling system* pada saat operasional, *downtime* perbaikan dan juga *maintenance* yang telah dilakukan.

4.3. Asset Register dan Asset Hierarchy

Selanjutnya berdasarkan data yang diperoleh digunakan untuk menentukan asset register dan juga asset hierarki dari *close cooling system*. Berikut merupakan data asset register yang telah ditentukan.

Tabel 4. 1. Asset Register Close cooling system

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8	Equipment Tag Number
Plant	Operating Unit	Operating Area	System	Subsystem	Equipment	Component	Component Item	
Pembangkit listrik PT.X								
	Unit 7							7
		Production Departement						
			Water System					
				Close Cooling System				7CC
					Expansion Tank			7CC-TK-100
					Chemical Tank			7CC-TK-200
					Close Cooling Pump (A)			7CC-P-100A
						Power Transmission		7CC-P-100A-PT
							Coupling	7CC-P-100A-PT-1
							Bearing	7CC-P-100A-PT-2

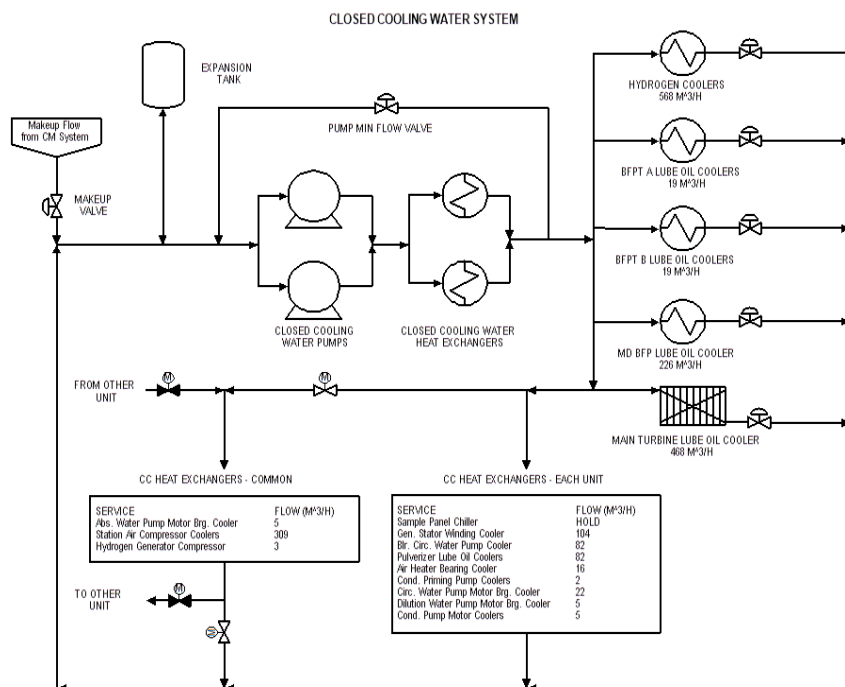
Berdasarkan asset register sistem yang ditentukan yakni *subsystem close cooling system*, proses analisa RCM dilakukan pada level 6 yaitu pada tingkat *equipment*. Adapun *equipment* pada *close cooling system* adalah terdiri dari pompa *close cooling*, *expansion tank*, *heat exchanger*, *pot chemical tank* dan juga *valve*. Untuk detail penentuan sistem, asset register dan asset hierarki terlampir pada **Lampiran 2**.

4.4. Menentukan Definisi Batasan Sistem

Selanjutnya setelah mengetahui sistem yang akan dianalisa, dilakukan penentuan batasan sistem. Penentuan batasan sistem pada penelitian ini berdasarkan PFD sistem dan juga asset register. Setelah melakukan analisa pada data yang diperoleh, berikut merupakan equipment yang akan dianalisa beserta fungsinya:

- **Close Cooling Pump (7CC-P-100A/B)**
Untuk memompa air pendingin dalam *close cooling system* dengan kapasitas 11000 GPM (2500 m³/jam).
- **Heat Exchanger (7CC-HX-100A)**
Untuk memberikan heat transfer pada tingkat yang diinginkan yakni 63.333.770 kJ/jam
- **Expansion Tank (7CC-TK-100)**
Untuk menampung peningkatan volume air pendingin dengan kapasitas 3,8 m³ (1000 gal)
- **CC Water Pump Minimum Flow Valve (7CC-PV-804)**
Untuk mengontrol dan menutup pasokan air pendingin secara otomatis jika tangki ekspansi terisi penuh pada kapasitas 3,8 m³ (1000 gal)
- **CC Water Expansion Tank Level Valve (7CC-LV-800)**
Untuk mengontrol aliran minimum pada pompa pada 19,5 m³/mnt (5146 gpm)

Penentuan batasan sistem dan PFD sistem yang lebih jelas dan detail telah dilampirkan pada **Lampiran 3**. Berikut merupakan PFD pada *close cooling system* yang akan dilakukan analisa RCM.



Gambar 4. 1. PFD *Close cooling system*

4.5. Mendeskripsikan Sistem dan *Function Block Diagram* (FBD)

Pada tahapan ini digunakan untuk menentukan deskripsi sistem dari data yang diperoleh dan juga untuk menentukan *Functional Block Diagram* (FBD) terkait dengan *equipment* yang dianalisa pada *close cooling system*.

4.5.1. Deskripsi Sistem

Close cooling system dalam hal ini berfungsi sebagai sistem pendingin dan untuk menghilangkan panas atau memindahkan panas yang terkandung dalam komponen dan peralatan seperti *BFPT Oil Cooler*, *Main turbine cooler*, *Generator hidrogen cooler* dan peralatan lainnya pada suatu pembangkit listrik dengan media air yang telah diproses secara kimiawi. Tujuan dari *Close Cooling Water System* (CC) adalah untuk mensirkulasikan air pendingin yang telah disaring dan diproses dalam sistem tertutup.

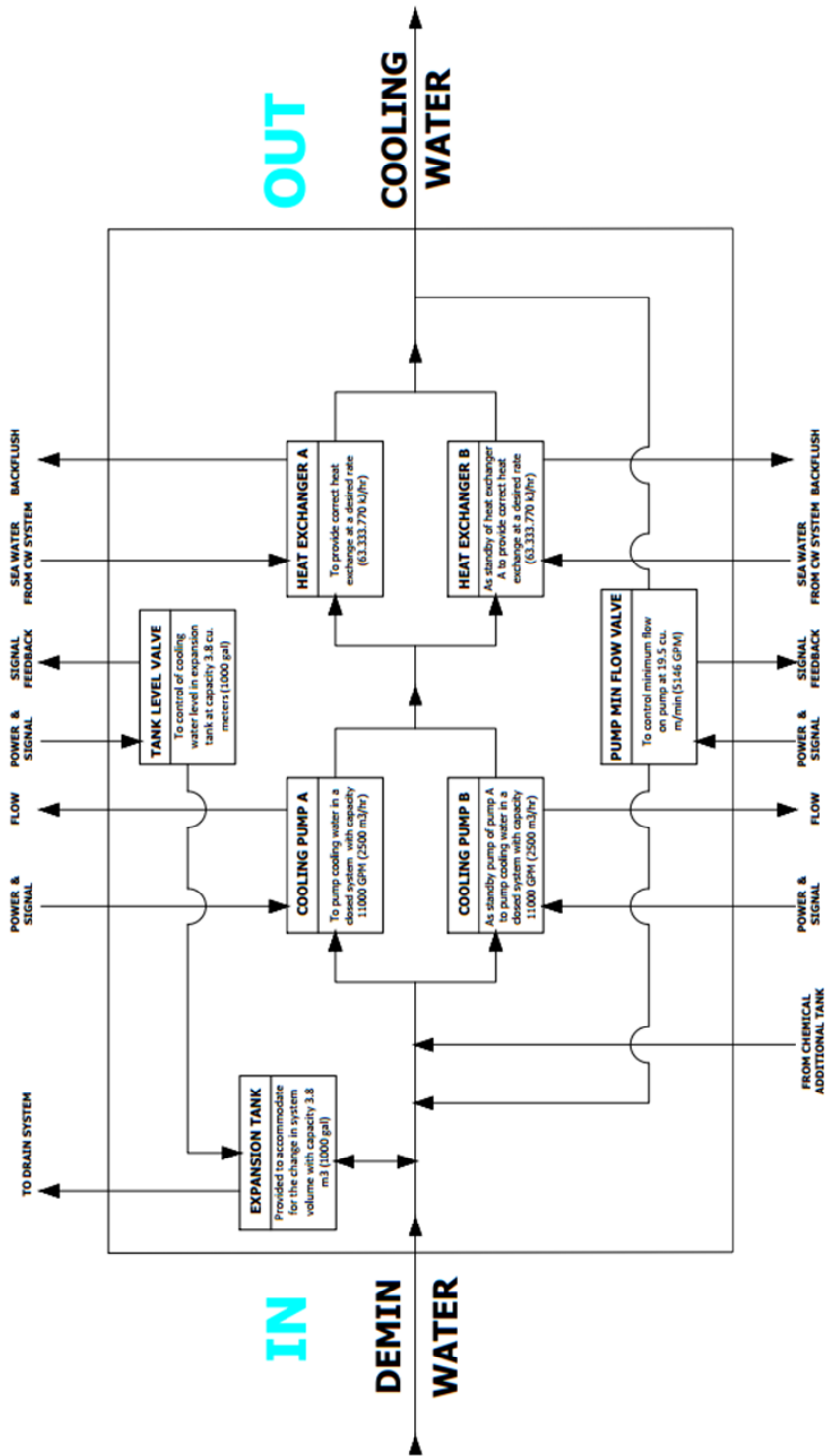
Pada prinsipnya terdapat 2 pompa *close cooling* dengan kapasitas 100%, dimana satu digunakan untuk operasional sedangkan satu pompa *stand by* dan akan terus ber sirkulasi secara *close loop*. Air yang dikeluarkan dari pompa melewati salah satu dari dua paralel *heat exchanger shell* dan *tube*. Aliran air dari *close cooling* akan mengalir melalui sisi *shell* dan air hasil serapan panas akan mengalir melalui sisi *tube*. Dalam operasinya satu *heat exchanger* akan beroperasi, sementara yang lainnya dalam keadaan *standby*. Dari *heat exchanger*, air pendingin diedarkan secara paralel ke *heat exchanger* peralatan lainnya. Aliran melalui *heat exchanger* tersebut dikendalikan oleh *temperature valve*. Setelah melewati *close loop*, air dikembalikan ke hisap pompa. *Close cooling water pump* akan diatur dan dilindungi oleh *valve minimum flow control*. Dimana *valve* tersebut akan mengatur aliran yang masuk sesuai dengan kapasitas pompa.

Pada saat kondisi *start up*, *close cooling water system* diisi dari sistem CM dan diatur menggunakan *valve*. Kemudian tangki ekspansi *close cooling* akan beroperasi. Setelah tangki diisi, *valve level* kontrol air akan mengatur dan mempertahankan tangki ekspansi pada tingkat yang diinginkan. Pompa *close cooling* kemudian di *start* dari *Distributed Control System* (DCS). Penyeimbangan aliran sistem dilakukan untuk mengatur aliran yang diinginkan ke peralatan yang tidak dilengkapi dengan katup aliran modulasi. Sedangkan dalam kondisi operasional salah satu pompa *close cooling* akan digunakan. Pompa tersebut dikontrol secara otomatis dari ruangan kontrol DCS. Deskripsi terkait *close cooling system* dan komponen-komponennya yang diperoleh secara detail dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

4.5.2. *Functional Block Diagram* (FBD)

Pada tahap ini dilakukan identifikasi hubungan antar masing-masing *equipment* dalam *close cooling system*. Hal ini sangat diperlukan dalam analisa RCM untuk mengetahui fungsi dan juga untuk menganalisa dampak kerusakan *equipment* satu dengan yang lainnya serta pengaruh kerusakan terhadap operasional sistem. *Functional Block Diagram* (FBD) dalam hal ini akan digunakan untuk menunjukkan urutan aliran fungsional dari sistem, menunjukkan IN/OUT interface dalam sistem baik untuk pemahaman teknis tentang fungsi dan operasi sistem serta dapat digunakan untuk analisis selanjutnya. Pada FBD juga terdapat aliran energi atau fluida yang mengalir sehingga memperjelas dampak atau efek apabila terdapat kegagalan di salah satu *equipment* nya. Berikut merupakan blok diagram *close cooling system*:

FUNCTIONAL BLOK DIAGRAM CLOSE COOLING SYSTEM



Gambar 4. 2. FBD Close cooling system

Berdasarkan **Gambar 4.2** dapat diketahui bahwa FBD tersebut menggambarkan secara umum sistem kerja daripada *close cooling system* dalam menjalankan fungsinya yaitu menjadi sistem pendingin di operasional pembangkit listrik. FBD pada *close cooling system* terdiri dari beberapa peralatan (*equipment*) utama yang akan dianalisa. Hubungan antara satu *equipment* dengan *equipment* lainnya tersebut dapat digambarkan dengan hubungan berupa aliran fluida. Dalam hal ini kondisi fluida pada masing-masing *equipment* dapat mempengaruhi pada kinerja masing-masing *equipment* maupun potensi kerusakan yang dapat terjadi baik yang bersifat acak (*random*) maupun berdasarkan usia pemakaian *equipment* tersebut (*age-related*). Fluida yang dimaksud dalam blok diagram ini adalah fluida air demine dan juga air laut. Secara detail FBD pada *close cooling system* dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

4.6. Analisa Fungsi, Kegagalan Fungsi dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Dalam hal ini dilakukan analisa yang menyangkut fungsi dari masing-masing *equipment* yang akan dianalisa pada *close cooling system*. Setelah mengetahui fungsi dari masing-masing *equipment*, selanjutnya menentukan kegagalan fungsi yang dapat terjadi. Dimana hasil penentuan fungsi dan kegagalan fungsi dapat dijadikan acuan untuk menentukan penyebab kegagalan yang mungkin dapat terjadi (*failure mode*) dan juga dampak kegagalan yang ditimbulkan (*failure effect*). Adapun hasil analisa akan ditulis dalam RCM II Information Worksheet. Berikut hasil analisa yang dilakukan:

- **Fungsi (*Function*)**

Untuk menentukan fungsi dari masing-masing *equipment* dan komponennya, penulis menggunakan data dari deskripsi sistem *close cooling system*, wawancara dengan operator serta jurnal mengenai fungsi *equipment* beserta komponennya. Sesuai dengan RCM II oleh John Moubray, penulisan definisi fungsi harus mencakup kata kerja (*verb*), kata benda (*noun*) dan juga standar data performa (*standard performance*) dari masing-masing *equipment*.

- **Kegagalan Fungsi (*Functional Failure*)**

Dalam hal ini penulis menyatakan bahwa ada dua parameter yang harus dipenuhi dalam fungsi sistem. Pertama adalah *equipment* menggerakkan fluida kerja, dan yang kedua adalah proses perpindahan fluida kerja yang memiliki spesifikasi kinerja tertentu. Jika salah satu dari dua parameter tidak terpenuhi maka terjadi kegagalan fungsi.

- **Penyebab Kegagalan (*Failure Mode*)**

Untuk menentukan penyebab kegagalan dari suatu *equipment*, penulis mengacu pada manual book dan juga jurnal.

- **Efek atau dampak yang ditimbulkan (*Failure Effect*)**

Efek yang ditimbulkan pada tiap *failure mode*, penulis menggunakan FBD, jurnal dan *manual book* untuk mengetahui efek yang akan terjadi.

Berikut merupakan contoh RCM II *Information Worksheet* hasil analisa salah satu *equipment* pada *close cooling system*:

Tabel 4. 2. RCM II Information Worksheet pada Close Cooling Pump

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM		SYSTEM N ^o		Facilitator		Date		Sheet N ^o	
	Close Cooling System		7CC		7CC				1	
	SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N ^o		Auditor		Date		of	
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)		FAILURE MODE (Cause of Failure)		FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)				
1 To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)		A Fails to pump - no flow of liquid delivered		1 Pump not primed - Casing and suction pipe are not completely filled with fluid due to lack of pressure		1 Menyebabkan tidak adanya cooling water yang didistribusikan yang ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala. Pompa yang tidak siap akan menyebabkan tidak adanya tekanan hisap dan tidak akan mampu memompa air, jika ketinggian air di sisi penghisapan lebih rendah dari bukaan saluran masuk pompa, maka tidak akan mampu menyedot air ke dalam pompa				
						Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Environment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribut cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, pompa yang tidak siap digunakan dapat mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam				
				2 Suction valve/line clogged cause dirty or stuck by contaminant		2		Penyumbatan pada suction line pompa dapat menyebabkan pompa mengalami penurunan kemampuan kerja sehingga mengakibatkan tekanan yang dikeluarkan menurun/ tidak ada yang ditandai dengan tidak ada fluida yang mengalir keluar. Tidak adanya fluida yang keluar ditandai dengan menyalnya flow minimum valve.		
								Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Environment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan		

Berdasarkan tabel hasil analisa pada RCM II Information worksheet untuk pompa close cooling tersebut dapat diketahui fungsi dari pompa *close cooling system* adalah untuk memompa air pendingin pada *close cooling system* dengan kapasitas 2500 m³/jam atau 11000 GPM. Sedangkan untuk kegagalan fungsi pada pompa *close cooling system* adalah pompa tidak dapat beroperasi atau pompa tidak dapat mengalirkan fluida sama sekali. Kemudian hasil analisa pada fungsi dan kegagalan fungsi dijadikan acuan untuk menentukan *failure mode* yang sedang terjadi dan kemungkinan dapat terjadi. Adapun contoh *failure mode* (1) pada pompa adalah kondisi pompa yang tidak siap dimana diketahui *casing* dan *suction pipe* tidak terisi fluida akibat tekanan hisap yang kurang. Dari penentuan *failure mode*, dapat menentukan *failure effect* atau dampak kegagalan yang terjadi. Dimana dampak kegagalan dari *failure mode* (1) memuat beberapa aspek yakni:

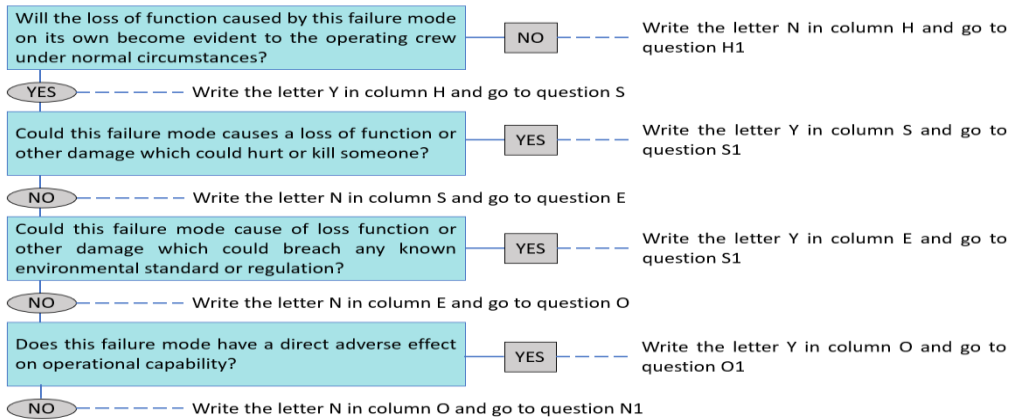
- 1) Menyebabkan tidak adanya *cooling water* yang didistribusikan yang ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala. Pompa yang tidak siap akan menyebabkan tidak adanya tekanan hisap dan tidak akan mampu memompa air, jika ketinggian air di sisi pengisapan lebih rendah dari bukaan saluran masuk pompa, maka tidak akan mampu menyedot air ke dalam pompa.
- 2) *Safety and Environment*, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan.
- 3) *Operation*, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial penalty yang diberikan.
- 4) *Production*, pompa yang tidak siap digunakan dapat mengakibatkan *downtime* produksi untuk memperbaikinya.
- 5) Meningkatkan biaya *maintenance* namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya.
- 6) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam.

Adapun hasil analisa fungsi, kegagalan fungsi dan *failure mode and effect analysis* (FMEA) pada RCM II *Information worksheet* masing -masing *equipment* yang dianalisa dapat dilihat pada **Lampiran 5**.

4.7. Logic Tree Analysis (LTA) and Maintenance Task Selection

4.7.1. Logic Tree Analysis (LTA)

Setelah dilakukan analisa kegagalan yang dapat terjadi dengan menggunakan FMEA, selanjutnya dilakukan analisa menggunakan *Logic Tree Analisis* (LTA) untuk mengklasifikasikan masing-masing *failure mode* dan *failure effect* dari masing-masing *equipment*. Dimana dalam hal ini akan diklasifikasikan terkait apakah failure mode bersifat *hidden/evident*, *safety problem*, *environmental problem*, *operational problem* atau *non-operational problem*. Penentuan LTA sesuai dengan RCM II oleh John Moubray sebagai *guide line* seperti pada **Gambar 4.3**.



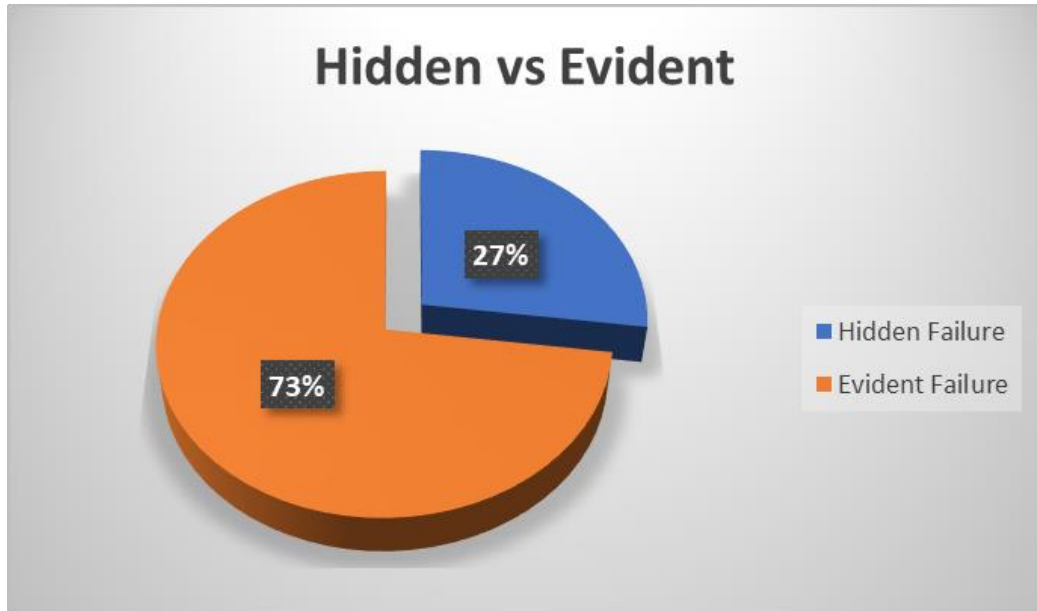
Gambar 4. 3. Logic Tree Analysis RCM II

Hasil dari analisa kemudian akan ditulis dalam RCM II Decision Worksheet sesuai dengan *template* RCM II. Contoh hasil analisa RCM II *Decision Worksheet* pada pompa *close cooling* dapat dilihat pada **Tabel 4.3**, sedangkan RCM II *Decision Worksheet equipment* lainnya secara keseluruhan dapat dilihat pada **Lampiran 6**.

Tabel 4. 3. RCM II Decision Worksheet

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM		SYSTEM N ^o		Facilitator		Date		Sheet N ^o		FORM 6						
		Close Cooling System		7CC						1								
		SUB-SYSTEM		SUB-SYSTEM N ^o		Auditor		Date		of								
		Close Cooling A		7CC-P-100A						3								
Information reference		Consequence Evaluation				Default Action				Proposed Task		Initial Interval	Can be done by					
F	FF	FM	H	S	E	O	H1 S1	H2 S2	H3 S3					O1	O2	O3	H4	H5
1	A	1	Y	N	N	Y	Y									Schedule On-Condition Task	Daily	Mechanic
1	A	2	Y	N	N	Y	Y									Schedule On-Condition Task	Weekly	Mechanic
1	A	3	Y	N	N	Y	Y									Schedule On-Condition Task	Monthly	Mechanic
1	A	4	Y	N	N	Y	Y									Schedule On-Condition Task	Daily	Mechanic
1	A	5	Y	N	N	Y	Y									Schedule On-Condition Task	Weekly	Mechanic
1	A	6	Y	N	N	Y	Y									Schedule On-Condition Task	Weekly	Mechanic

Berdasarkan analisa menggunakan LTA, dapat diketahui bahwa sebagian besar *failure mode* merupakan *evident failure* dimana untuk kegagalan fungsional yang *evident* dapat dideteksi oleh anggota staf pekerja, dan memiliki tingkat kepentingan yang berbeda-beda, dimana keselamatan manusia dan lingkungan menjadi yang utama. Sedangkan untuk *hidden failure*, penyebab kegagalan tersebut tidak langsung terlihat dan tidak dapat dideteksi oleh anggota staf pekerja. Ini biasanya terlihat dalam perangkat keselamatan atau proteksi. *Hidden failure* jauh lebih kompleks untuk dihadapi, membuat analisis RCM lebih sulit dan aset biasanya mencakup perangkat keselamatan dan proteksi untuk meminimalkan konsekuensi dari kegagalan yang berbeda. Persentase *hidden* dan *evident failure mode* dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.

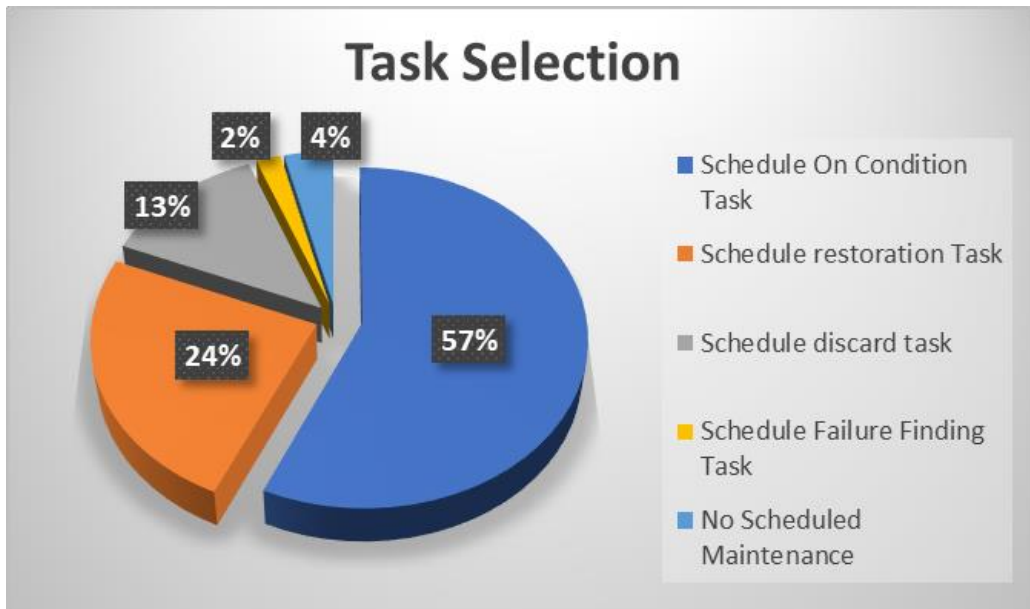


Gambar 4. 4. *Hidden vs Evident Failure*

Berdasarkan keseluruhan *equipment* pada *close cooling system* yang dianalisa diketahui terdapat 155 *failure mode*. Hasil analisa *failure mode* yang ada pada *close cooling system* menunjukkan bahwa sejumlah 113 *failure* atau 73% dari total *failure mode* bersifat *evident failure* dan sejumlah 42 *failure* atau 27% dari total *failure mode* bersifat *hidden failure*.

4.7.2. Maintenance Task Selection/Proposed Task

Dalam hal ini seperti yang telah disebutkan pada bab sebelumnya, penentuan maintenance dikategorikan menjadi 2 yakni preventif dan *default action*. Penentuan maintenance yang sesuai dilakukan sesuai dengan *decision diagram* pada RCM II sebagai *guide line* seperti pada **Gambar 3.3**. Penentuan maintenance yang dilakukan berdasarkan *technical feasible* dan *worth doing*. Dimana *maintenance* yang dipilih harus secara teknis layak dan efektif untuk dilakukan. Berdasarkan penentuan *maintenance task* yang dilakukan, didapatkan sebanyak 155 *maintenance task*. Dimana persentase hasil analisa penentuan *maintenance* secara umum dapat dilihat pada **Gambar 4.5**, sedangkan hasil detail penentuan *maintenance task* pada masing-masing *equipment* dapat dilihat pada **Lampiran 6**.



Gambar 4. 5. Hasil *Task Selection*

Berdasarkan hasil penentuan *maintenance*, dapat diketahui bahwa *maintenance* task terdiri dari 5 kategori yakni *schedule on condition task* berjumlah 88 (56,77%), *schedule restoration task* berjumlah 38 (24,52%), *schedule discard task* berjumlah 20 (12,9%), *schedule finding failure* berjumlah 3 (1,94%) dan *no schedule maintenance* berjumlah 6 (3,87%) dihitung dari keseluruhan total kegiatan *maintenance task*.

4.7.3. *Initial Interval/ Maintenance Schedule*

Selanjutnya dilakukan penentuan interval untuk masing-masing *maintenance task* yang telah ditentukan. Sesuai RCM II Moubray *initial interval* dapat ditentukan dengan:

1. *On condition task*, interval dapat menggunakan *P-F interval* item.
2. *Schedule restoration* dan *discard task*, interval dapat menggunakan dari *useful life time* item.
3. Sedangkan *failure finding task*, interval dapat ditentukan dengan rumus dan mempertimbangkan *consequence* dari *multiple failure*, *availability* yang diinginkan dan *mean time between occurrences* dari *hidden failure*.

Dalam penelitian ini penentuan *initial interval*, penulis mengacu kepada *manual book*, jurnal dan data *maintenance* yang sudah dilakukan.

4.7.4. *Can be done by*

Pelaksanaan *maintenance* dapat dilakukan oleh *maintainers*, operator, teknisi ataupun mekanik.

4.8. *Work package*

Berdasarkan penentuan *maintenance task* yang dilakukan, kemudian hasil analisa akan dirangkum dalam *work package* untuk mempermudah menginterpretasi hasil. Dimana *work package* tersebut memuat interval perawatan, pelaksana perawatan dan

juga *proposed action task* yang dapat dilakukan sesuai maintenance task yang telah ditentukan untuk setiap equipment yang dianalisa. **Tabel 4.4** berikut merupakan salah satu contoh hasil work package pada pompa *close cooling system*, sedangkan secara detail dan keseluruhan dapat dilihat pada **Lampiran 7**.

Tabel 4. 4. Work package

Maintenance Task Schedule			
Equipment Name : Close Cooling Pump			
Tag. Number : 7CC-P-100A			
Following these recommended steps should help operators reduce problems with close cooling pump. Here is a brief check list:			
Interval		Done By	
Daily		Mechanic	
PROPOSED TASK			Reference
			F FF FM
<input checked="" type="checkbox"/> Check condition of motor pump (Circuit breaker, fuse and starter)			1 A 1
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect condition of pump for priming and fix it			1 B 1
<input checked="" type="checkbox"/> Check for proper pump submergence			1 B 1
<input checked="" type="checkbox"/> Check the pressure and vent well to atmosphere to eliminate vacuum at pump suction			1 B 1
Interval		Done By	
Weekly		Mechanic	
PROPOSED TASK			Reference
			F FF FM
<input checked="" type="checkbox"/> Check the suction line for clogged			1 B 2
<input checked="" type="checkbox"/> Backwash or use chemical treatment to clean			1 B 2
<input checked="" type="checkbox"/> Check for mechanical seal leaks and fix it			1 B 5
<input checked="" type="checkbox"/> Check condition of oil and grease seals			1 B 5
<input checked="" type="checkbox"/> Check the suction line for air leaks and fix it			1 B 6
<input checked="" type="checkbox"/> Check for switched power leads			1 B 8
<input checked="" type="checkbox"/> Make sure that shafts are lubricated and fix it			1 B 8

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dibahas tentang hasil penelitian yang telah dilakukan yang dirangkum dalam penarikan kesimpulan yang menjawab rumusan masalah dan pencapaian tujuan penelitian. Selain penarikan kesimpulan, pemberian saran atas penelitian yang telah selesai dilakukan dapat dilakukan.

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisa sistem dengan menggunakan metode FMEA pada equipment yang dianalisa yakni *close cooling pump*, *heat exchanger*, *expansion tank*, *flow minimum valve* dan *level control valve* teridentifikasi 73% dari keseluruhan *failure mode* tergolong dalam kategori *evident failure*, sedangkan 27% terindikasi sebagai *hidden failure*. Secara keseluruhan dapat dilihat pada **Tabel 5.1**.

Tabel 5. 1. *Summary of Maintenance Task*

SUMMARY OF TASK SELECTION CLOSE COOLING SYSTEM									
NO	Name of Equipment	Tag Number	JUMLAH						
			Hidden	Evident	Schedule On Condition Task	Schedule restoration Task	Schedule discard task	Schedule Failure Finding Task	No Scheduled Maintenance
1	Close Cooling Pump A	7CC-P-100A	1	62	38	12	9	1	3
2	Close Cooling Pump B	7CC-P-100B	36	24	35	11	9	2	3
3	Heat Exchanger A	7CC-HX-100A	0	8	4	4			
4	Heat Exchanger A	7CC-HX-100B	5	3	4	4			
5	Expansion Tank	7CC-TK-100A	0	10	3	5	2		
6	Expansion Tank Level Valve	7CC-LV-800	0	3	2	1			
7	Pump Minimum Flow Valve	7CC-PV-804	0	3	2	1			
JUMLAH TOTAL			42	113	88	38	20	3	6
JUMLAH TOTAL (%)			27.10%	72.90%	56.77%	24.52%	12.90%	1.94%	3.87%

2. Hasil dari penentuan maintenance yang dilakukan diketahui bahwa terdapat 155 kegiatan *maintenance (maintenance task)* dimana terdiri dari 5 kategori yakni *schedule on condition task*, *schedule restoration task*, *schedule discard task*, *schedule finding failure* dan *no schedule maintenance*. Dari hasil analisa masing-masing kategori *maintenance task* tersebut memiliki jumlah task sebanyak:

- *Schedule on condition task* = 88 (56,77%)
- *Schedule restoration task* = 38 (24,52%)
- *Schedule discard task* = 20 (12,9%)
- *No schedule maintenance* = 6 (3,87%)
- *Schedule finding failure* = 3 (1,94%)

Secara keseluruhan dapat dilihat pada **Tabel 5.1**.

3. Dari hasil penentuan *maintenance schedule* yang telah dilakukan diketahui bahwa secara keseluruhan *preventive interval maintenance* dilakukan pada pompa dilakukan secara harian, mingguan, bulanan dan *interval maintenance* paling lama 1 tahun. Sedangkan *interval maintenance* pada *heat exchanger* dapat dilakukan secara 6 bulan dan 10 tahun. Pada *expansion tank interval maintenance* dapat dilakukan secara 1 bulan, 2 tahun, 5 tahun dan paling lama 10 tahun. Sedangkan pada *valve interval maintenance* dapat dilakukan secara 2 tahun dan 2 minggu.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil analisa yang telah disimpulkan diatas, maka saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Proses analisa RCM sebaiknya dapat dilakukan lebih detail dan komprehensif yang mencakup seluruh komponen dan parts dalam *close cooling system*.
2. Perhitungan analisa tentang biaya dapat ditambahkan untuk dijadikan pertimbangan dalam analisa RCM untuk memperoleh hasil yang lebih efektif dan efisien serta aplikatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Arunraj, NS, & Maiti, J (2007). *Risk-based maintenance Techniques and applications*. Journal of Hazardous Materials 142 (2007) 653–661
- Alsalamah, Mohammad J., Ebrahim Shayan, and Mehmet Savsar, ((2006). ‘*Reliability Analysis of a Cooling Seawater Pumping Station*’. International Journal of Quality and Reliability Management, 670–95
- Al-Sammarraie, A. T., & Vafai, K. (2017). *Heat transfer augmentation through convergence angles in a pipe*. Numerical Heat Transfer, Part A: Applications, 72(3), 197–214.
- Bloom, Neil B. 2005. *Reliability Centered Maintenance : Implementation Made Simple*. McGraw-Hill Professional diakses dari <https://books.google.co.id/> pada 4 Mei 2020
- Carretero, J., et al. (2003). *Applying RCM in large scale systems: a case study with railway networks*. Reliability Engineering & System Safety, 82(3), 257–273
- EPRI (2006). *Reliability and Preventive Maintenance: Balancing Risk and Reliability For Maintenance and Reliability Professionals at Nuclear Power Plants*. Technical report EPRI
- EPRI, (2002). “*Reliability and Preventive Maintenance Balancing Risk and Reliability*,” EPRI, California,
- F. Irawan, “*Perencanaan Pemeliharaan dengan Basis Reliability Centered Maintenance Peralatan Bongkar Muat di darat, forklift dan reach stacker milik PT Meratus Surabaya*,” ITS Surabaya, Surabaya, 1998.
- Fore, Stanley & Msipha, Angela. (2012). *Preventive maintenance using Reliability Centred Maintenance (RCM): A case study of a ferrochrome manufacturing company*. The South African Journal of Industrial Engineering. 21. 10.7166/21-1-78.
- F.S. Nowlan et all, (1978). *Reliability Centered Maintenance*, California: United Airlines.
- Kementrian ESDM (2017). *Statistik Ketenagalistrikan 2016*
- Khan, FI, & Haddara, MM (2003). *Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 16 (2003) 561–573
- Krishnan, Deepak, ‘*Energy Finance Conference - India*’
- Lv, Z., Cai, J., Sun, W., & Wang, L. (2018). *Analysis and Optimization of Open Circulating Cooling Water System*. Water, 10(11), 1592.
- Mobley, R Keith. (2002). *An Introduction To Predictive maintenance*, 2nd Edition, Butterworth Heinemann. USA: Elsevier Inc. All rights reserved. Diakses dari <http://elsevier.com> pada 4 Mei 2020
- Mokashi, Amit & Wang, J. & Vermar, A.K.. (2002). *A study of reliability-centred maintenance in maritime operations*. Marine Policy. 26. 325-335
- Moubray, John, (1997). *Reliability Centered Maintenance II*. New York: Industrial Press Inc. 2nd edition. Diakses dari <https://books.google.co.id/> pada 4 Mei 2020
- PT PLN (Persero) (2018). *Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2018-2027*. Jakarta : PT Perusahaan Listrik Negara (Persero).
- P Regucki et al (2016). *Analysis of water management at a closed cooling system of a*

- power plant*. Journal of Physics : Conference Series
- Priyanta, Dwi & Siswanto, Nurhadi & Sukandar, Rizky. (2019). *Determination of Maintenance Task on Rotary Equipment Using Reliability Centered Maintenance II Method*. International Journal of Marine Engineering Innovation and Research
- Rajan, Vishnu & V., Regikumar. (2016). *Reliability Based Maintenance Strategy Selection in Process Plants: A Case Study*. Procedia Technology. 25
- Rahmadhanty, Shaneza & Pitana, Trika & Siswanto, Nurhadi. (2019). *Reviewing the Reliability-Centered Maintenance on Cooling Water Pump of LNG Production Company*. International Journal of Marine Engineering Innovation and Research
- Sanfiorenzo, A.B. (2013). *Cooling system design tool for rapid development and analysis of chilled water systems aboard U.S. Navy surface ships*. (Master dissertation), Massachusetts Institute of Technology.
- Sensorex (2018). *3 Types of Cooling Systems and How They Work*. Diakses dari <https://sensorex.com/blog/2018/02/21/how-cooling-towers-work/> pada 18 Mei 2020
- Smith, A. M., & Hinchcliffe, G. R. (2004). *RCM-Gateway to World Class Maintenance*. Butterworth-Heinemann. USA: Elsevier Inc. All rights reserved. Diakses dari <http://elsevier.com> pada 4 Mei 2020
- Sulzer Pumps, (2010) “*Principal Features of Centrifugal Pumps for Selected Applications*,” Centrifugal Pump Handbook, pp. 251-283
- UpKeep, (2018) “*Breakdown Maintenance*” diakses dari <https://www.onupkeep.com/learning/maintenance-types/breakdown-maintenance> pada 4 Mei 2020
- Weibull, (2018) *Reliability Centered Maintenance (RCM)*, diakses dari <https://www.weibull.com/basics/rcm.htm> pada 4 Mei 2020
- World Nuclear (2019). *Cooling Power Plants*. Diakses dari <https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/cooling-power-plants.aspx> pada 18 Mei 2020

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

DESKRIPSI SISTEM

CLOSE COOLING SYSTEM (CC)

DUKE / FLUOR DANIEL

CLOSED COOLING WATER SYSTEM
DESCRIPTION

INCLUDING ENGINEERING SYSTEM: CLOSED COOLING WATER (CC)
SYSTEM

1.0 SYSTEM PURPOSE

The purpose of the Closed Cooling (CC) System is to circulate filtered and treated cooling water in a closed system to miscellaneous equipment heat exchangers where fouling is a concern and the heat transfer surface is difficult to clean. Heat from the CC System is rejected to the Circulating Water (CW) System.

2.0 SYSTEM DESCRIPTION AND FUNCTIONS

Paiton Units 7 & 8 are provided with separate identical CC systems for removal of heat from the miscellaneous equipment heat exchangers. A common supply header and return header, equipped with unit specific MOV isolation valves, supplies closed cooling water to the Unit 7 & 8 shared equipment. The common headers are aligned to either unit's CC System with the associated unit's CC System serving as an alternate source.

Two (2) 100 percent capacity CC water pumps, one for operation and one for standby, circulate cooling water through the closed loop. The pumps are located on the Turbine Building ground floor. Water discharged from the pump passes through one of two parallel shell and tube CC water heat exchangers where the CC system loop heat load is rejected to the CW system. Closed cooling water flows through the shell side and CW water flows through the tube side. One heat exchanger is in service while the other is in standby. The heat exchangers are in a stacked arrangement and are located on the ground floor of the Turbine Building. From the heat exchanger, the cooling water is circulated in parallel paths to the miscellaneous equipment heat exchangers. Flow through the equipment heat exchangers is controlled by either automatic temperature control valves or manually set throttle valves (with associated flow gauges). After passing the closed loop, the water is returned to the pump suction.

The CC water pumps are protected by minimum flow control valve 7&8CC-PV-804. The control valve is sized to pass the minimum flow requirements of one CC pump. As CC System flow demand varies, differential pressure transmitter 7&8CC-PDT-804 will modulate the control valve.

An elevated, atmospheric, CC water expansion tank is provided to accommodate for the change in system volume with change in temperature. It imposes a hydrostatic pressure on the suction side of the CC pump. The expansion tank is located on the heater floor of the Turbine Building. Makeup water from the condensate (CM) System is automatically added to the expansion tank via level control valve 7&8CC-LV-800.

A pot-type chemical additive tank is arranged in parallel with the CC water pumps. The chemical additive tank provides a location for shot-feeding readily soluble water treatment chemicals or chemical solutions into

the CC System. Closed cooling water quality is monitored via the Chemical Treatment sample panel.

The CC water heat exchangers are provided with a tube cleaning system to minimize the fouling from sea water. (Refer to Circulating Water System for details.) Relief valves are provided to protect the equipment heat exchangers from thermal expansion in the event a heat exchanger is isolated from the CC system.

3.0 SYSTEM OPERATION

3.1 SYSTEM LIMITS AND PRECAUTIONS

The CC system water is chemically treated; therefore, the operator should exercise caution whenever coming into contact with the closed cooling water. The operator should wash his hands and face when necessary and never ingest the closed cooling water.

During the realignment of the shared equipment headers between one unit's CC System to the alternate unit's CC System, care must be taken to minimize the transfer of operating water inventory to the adjacent CC System. Care must also be taken to prevent starving cooling water flow to the shared equipment.

During blackout power conditions, cooling water must be circulated through the boiler circulating water pump coolers to insure that the motor cavity temperature does not rise above the recommended temperature limits. The Service Water (SW) System provides the source of emergency cooling water in the event of a blackout.

3.2 SYSTEM STARTUP

On initial startup, the Closed Cooling System is filled from the CM System using valve 7&8CC-LV-800. The closed cooling expansion tank will be in service. After the system is filled and vented, the system makeup water regulating valve (7&8CC-LV-800) will maintain the expansion tank at the desired level. The CC water pumps are then started from the DCS. System flow balancing is performed to set the desired flow to equipment not equipped with modulating flow valves.

3.3 NORMAL OPERATION

CC WATER PUMP (7&8CC-P-100A, 100B)

Normal operation is with one CC water pump in service. The pumps are controlled remotely from the control room by the plant DCS. From the DCS, the operator can select manual or automatic control of the pumps. Should the lead pump fail in the "AUTO" mode, the standby pump will start if conditions are satisfied. The CC water pump suction pressure and

discharge pressure is indicated locally. CC water pump suction temperature is monitored remotely from the control room by the plant DCS.

CC HEAT EXCHANGER (7 & 8CC-HX-100A & 100B)

Normal operation is with one CC water heat exchanger in service.

CC WATER EXPANSION TANK (7&8CC-TK-100)

Makeup to the expansion tank is automatically controlled by tank level. The expansion tank overflows to the plant drain system.

CC WATER CHEMICAL ADDITIVE TANK (7&8CC-TK-200)

The CC chemical additive tank shot-feeds chemicals into the CC system. When adding chemicals to the additive tank, chemical additive tank isolation valves (7&8CC-ISV-112, 114) are closed. The chemical additive tank drain valve (7&8CC-DRV-116) is opened and the water is drained from the chemical additive tank. The drain valve is then closed and the chemical additive tank filler cap is removed. The recommended amount of chemicals are added to the chemical additive tank. The filler cap is then replaced and the chemical additive tank inlet isolation valve 7&8CC-ISV-112 is opened. The chemical additive tank discharge globe valve (7&8CC-ISV-114) is throttled to the point where the flow indicator (7&8CC-FI-340) ball is raised and spins rapidly.

UNIT 7 & 8 SHARED EQUIPMENT HEADER

The air compressors, hydrogen generator, and absorber pumps are shared equipment between units 7 & 8. A common CC water supply header and return header provide cooling water to this equipment. The common headers are aligned to either unit's CC System with the associated unit's CC System serving as an alternate source. Motor operated valves (7CC-ISV-246 & 7CC-ISV-247 and 8CC-ISV-246 & 8CC-ISV-247) are provided to align either unit 7 or unit 8 to the common header with the valve status monitored by plant DCS in the control room. (Refer to System Limits And Precautions).

3.4 ABNORMAL OPERATION

When the unit loses power and the CC water pumps are no longer in operation, a backup source of cooling water for the boiler circulating pump motor cavity cooling is provided from the Service Water System. Upon loss of electrical power, valves 7&8CC-ISV-201, 7&8CC-ISV-202, and 7&8CC-ISV-327 fail to their respective failure position to assure a source of cooling water flow to the boiler circulating pump motor cavity coolers for a

minimum of four (4) hours following loss of the CC water pumps. Valve status is monitored by plant DCS in the control room.

3.5 SHUTDOWN

The closed cooling water system pumps are all operated from DCS.

4.0 SYSTEM CONTROLS

4.1 CC WATER PUMP CONTROLS

The pumps are automatically or manually controlled by the plant DCS. In START position, the pump will run continuously until the pump is returned to the OFF position. In AUTO position, the standby pump will automatically start upon a trip of the primary pump.

4.2 CC WATER PUMP MINIMUM FLOW VALVE (7&8CC-PV-804)

The CC water pump minimum flow valve can be controlled either manually or automatically by the DCS. In the automatic mode, the DCS will adjust the valve position to maintain adequate flow through the closed cooling pump in response to differential pressure.

4.3 CC WATER EXPANSION TANK LEVEL VALVE (7&8CC-LV-800)

The level of condensate in the CC water expansion tank can be controlled either manually or automatically by the DCS. The expansion tank level valve will, if in automatic mode, modulate in response to a level controller to control the addition of condensate to the expansion tank.

4.4 CC WATER EMERGENCY SUPPLY VALVES FOR BCWP (7&8CC-ISV-201, 202, & 327)

Loss of electrical power will result in the CC water emergency supply valves to fail to their failure position to ensure an adequate source of cooling water flow to the boiler circulating pump motor cavity coolers for a minimum of four (4) hours following loss of the CC water pumps.

4.5 CC WATER COMMON SUPPLY AND RETURN HEADER ISOLATION VALVES (7CC-ISV-246 & 7CC-ISV-247 AND 8CC-ISV-246 & 8CC-ISV-247)

Electric motor operated butterfly valves controlled by the DCS are provided to align either Unit 7 or Unit 8 to supply CC water to the air compressors, hydrogen generator, and absorber pump motor coolers. In operating the valves care should be taken to minimize the transfer of water inventory between Units and starving of cooling water to shared equipment.

4.6 GENERATOR HYDROGEN COOLER TEMPERATURE VALVE (7&8CC-TV-812)

Generator hydrogen cooler outlet temperature can be controlled either manually or automatically by the DCS. The temperature valve will, if in automatic mode, adjust flow to the hydrogen coolers to maintain the desired cooler outlet temperature.

4.7 MAIN TURBINE LUBE OIL COOLER TEMPERATURE VALVE (7&8CC-TV-817)

Turbine lube oil cooler outlet temperature can be controlled either manually or automatically by the DCS. The temperature valve will, if in automatic mode, adjust flow to the turbine coolers to maintain the desired cooler outlet temperature.

4.8 TURBINE DRIVEN BOILER FEED PUMP 100 LUBE COOLER TEMPERATURE VALVE (7&8CC-TV-823)

Turbine/Driven boiler feed pump 100 lube cooler outlet temperature can be controlled either manually or automatically by the DCS. The temperature valve will, if in automatic mode, adjust flow to the turbine/driven boiler feed pump coolers to maintain the desired cooler outlet temperature.

4.9 TURBINE DRIVEN BOILER FEED PUMP 200 LUBE COOLER TEMPERATURE VALVE (7&8CC-TV-839)

Turbine/Driven boiler feed pump 200 lube cooler outlet temperature can be controlled either manually or automatically by the DCS. The temperature valve will, if in automatic mode, adjust flow to the turbine/driven boiler feed pump coolers to maintain the desired cooler outlet temperature.

4.10 MOTOR DRIVEN BOILER FEED PUMP LUBE OIL COOLER TEMPERATURE VALVE (7&8CC-TV-235)

Motor/Driven boiler feed pump lube oil cooler outlet temperature can be controlled either manually or automatically by the DCS. The temperature valve will, if in automatic mode, adjust flow to the motor/driven boiler feed pump coolers to maintain the desired cooler outlet temperature.

5.0 SYSTEM COMPONENT DATA

5.1 CC WATER PUMP

The closed cooling water pump is a single stage, double suction, dual volute, horizontal split case pump. Two CC water pumps are provided, each

pump is 100 percent capacity and includes a 10% flow margin based on system calculated flow.

GENERAL

Equipment No.:	7&8CC-P-100A, 100B
Specification No.:	P101-15-1703.08
Manufacturer:	Goulds Pumps Inc.
Model No.:	3415

PHYSICAL DATA

Type:	Centrifugal
Design Pressure:	1034 kPag (150 psig)
Design Temperature:	65°C (150°F)
Seal:	Injection Type Packing Gland
Casing Material:	A46 CL30 (CI)
Impeller Material:	B584 (Bronze)
Shaft Material:	A322 Gr4340

PERFORMANCE DATA

Rated Speed:	960 rpm
Design Flow:	41.6 cu. m/min (11,000 gpm)
Design TDH:	35 meters (116 feet)
Design NPSHR:	5.18 m (17 feet)
Minimum Continuous Flow:	19.5 cu. m/min (5146 gpm)

MOTOR

Manufacturer:	U S Electrical Motors
Speed:	1000 RPM
Rated Power:	336 kW
Voltage:	6600

5.2 CC WATER HEAT EXCHANGERS

The closed cooling heat exchangers are 100 percent capacity, shell and tube type heat exchangers.

GENERAL

Equipment No.: 7 & 8CC-HX-100A & 100B
Specification No.: P101-15-1712.00
Manufacturer: Struthers Industries, Inc.

PHYSICAL DATA

Size: 63" ID X 46'-3" O.A.L.
Type: Horizontal - Shell & Tube Heat Exchanger
Number of Passes: 1.00
Tubeside Fluid: Seawater
Shellside Fluid: Closed Cooling Water (Treated Water)
Tubeside Design Pressure: 450kPag (65 psig)
Tubeside Design Temperature: 45°C (113°F)
Shellside Design Pressure: 1034kPag (150 psig)
Shellside Design Temperature: 45°C (113°F)
Heat Transfer Surface Area: 1,711.18 sq meters (18,418.5 sq feet)
Tube Material: Titanium SB-338 Gr. 2
Tube Diameter/Length: 19.05 mm/10.5156 meters
Tube Wall Thickness: 0.71 mm
Total Number of Tubes: 2,719
Tube Sheet Thickness: 50.8 mm
Tube Support Plate Thickness: 9.525 mm
Distance Between Support Plates: 434 mm
Channel Material: Rubber Lined Carbon Steel SA-516 Gr. 70
Tube Sheet Material: Carbon Steel SA-516 Gr. 70
Tube Sheet Cladding Material: Titanium Gr. 2
Shell Material: Carbon Steel SA516 Gr. 70
Weight Empty (each unit): 23,088 kg
Weight Flooded: 49,487 kg

PERFORMANCE DATA

Heat Exchanged: 63,333,770 kJ/hr
Tubeside Flowrate: 1000 Kg/s (15,926 gpm)
Tube Velocity @ Design Flow: 1.18 m/sec
Circulating Water Inlet Temperature: 29.2° C
Shellside Flowrate: 690 Kg/s (11,012 gpm)

Tubeside Pressure Drop:	25 kPa (3.6 psid)
Shellside Pressure Drop:	69 kPa (10 psid)
Tubeside Fouling Factor:	.0002 sq. m k/W (.001 sq. ft hr F/BTU)
Shellside Fouling Factor:	.00009 sq. m k/W (.0005 sq. ft hr F/BTU)

5.3 CC WATER EXPANSION TANK

The closed cooling expansion tank is an atmospheric vertical tank.

GENERAL

Equipment No.:	7&8CC-TK-100
Specification No.:	P101-15-1725.00
Manufacturer:	P. T. Boma Bisma Indra
Location:	Turbine Building

PHYSICAL DATA

Type:	Vertical
Design Pressure:	Atmospheric
Design Temperature:	65°C (150°F)
Capacity:	3.8 cu. meters (1000 gal)
Material:	CS

5.4 CC CHEMICAL ADDITIVE TANK

The closed cooling chemical feeder is a pot-type feeder. It is equipped with a top opening which is covered with a blind flange.

GENERAL

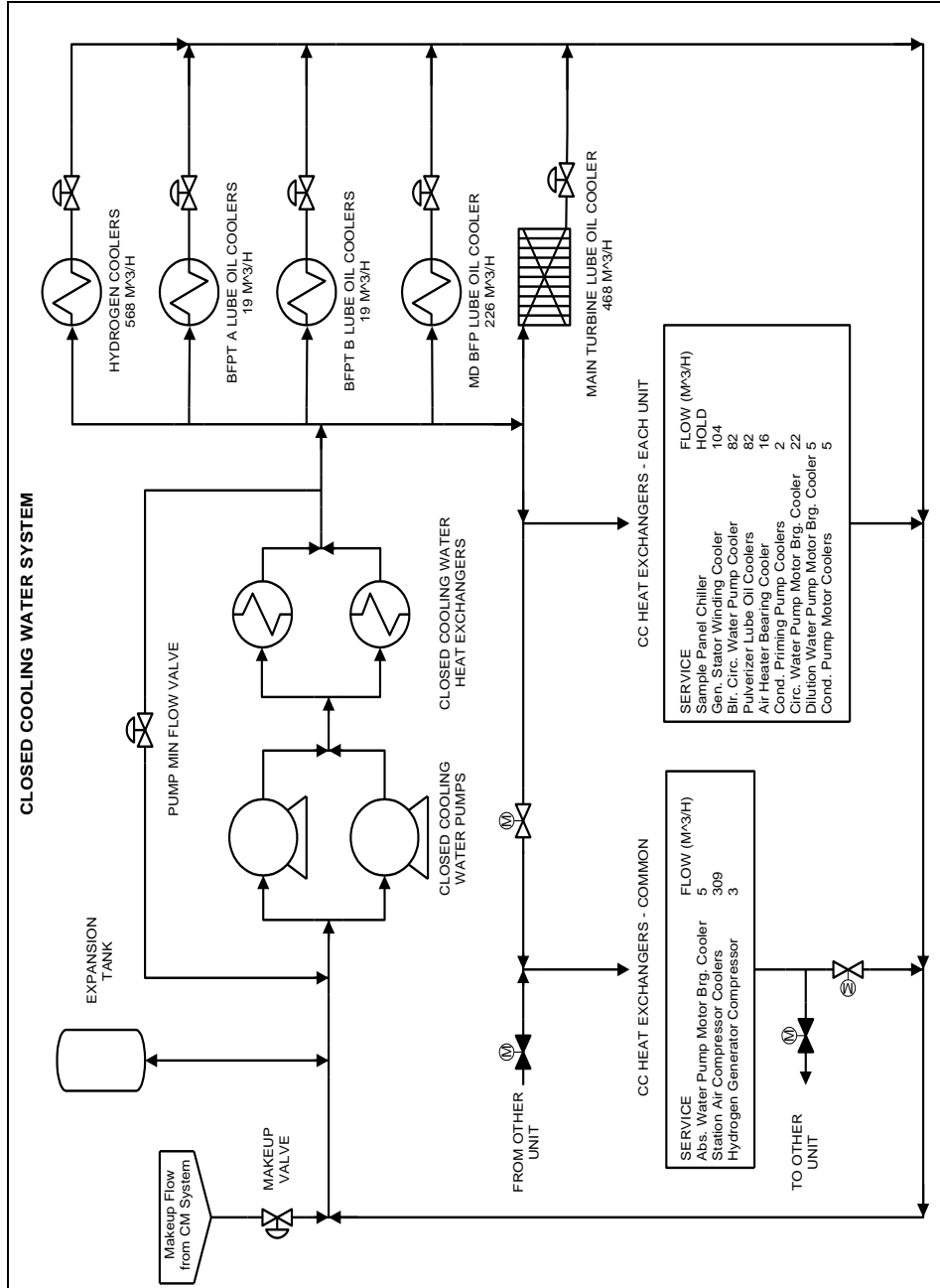
Equipment No.:	7&8CC-TK-200
Specification No.:	P101-15-1725.00
Manufacturer:	P. T. Boma Bisma Indra
Location:	Turbine Building

PHYSICAL DATA

Type:	Pot Feeder
Design Pressure:	1034 kPag (150 psig)
Design Temperature:	65°C (150°F)
Capacity:	0.2 cu. meters (5 gal)
Body Material:	CS

6.0 FLOW DIAGRAM

(following pages)



7.0 REFERENCES

7.1 P&IDS

P101-51-700-CC-0001 CC-0003	P101-51-700-CC-0002	P101-51-700-
P101-51-700-CC-0004 CC-0006	P101-51-700-CC-0005	P101-51-700-
P101-51-700-CC-0007 CC-0009	P101-51-700-CC-0008	P101-51-700-
P101-51-C00-CC-0010 CC-0012	P101-51-C00-CC-0011	P101-51-C00-

7.2 EQUIPMENT INSTRUCTION MANUALS

Closed Cooling Water Pumps	P101-25-1703.08-0100
Closed Cooling Water Heat Exchanger	P101-24-1704.00-0400

LAMPIRAN 2

PENENTUAN SISTEM, ASSET REGISTER DAN ASSET HIERARKI

CLOSE COOLING SYSTEM (CC)

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	INSTALLATION CATEGORY		INSTL. N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
	Steam Power Plant					1
	PLANT		PLANT N ^o	Auditor	Date	of
	Water System					1
SYSTEM	NAME	FUNCTION	ANALYSIS REASON			COMMENT
CC	<i>Close Cooling Water System</i>	Berfungsi sebagai sistem pendingin dan untuk menghilangkan panas atau memindahkan panas yang terkandung dalam komponen dan peralatan seperti BFPT Oil Cooler, Main turbine cooler, Generator hidrogen cooler dan peralatan lainnya pada suatu pembangkit listrik dengan media air yang telah diproses secara kimiawi. Tujuan dari Close Cooling Water System (CC) adalah untuk mensirkulasikan air pendingin yang telah disaring dan diproses dalam sistem tertutup.	<p>Apabila sistem ini tidak dapat beroperasi maka akan menyebabkan :</p> <p>1) Peningkatan thermal pada peralatan secara tiba-tiba akan menyebabkan kerusakan pada peralatan, yang dapat menimbulkan konsekuensi keuangan tertentu dalam hal perlengkapan peralatan atau penggantian.</p> <p>2) Kerusakan peralatan dapat menyebabkan bahaya baik bagi individu maupun lingkungan.</p> <p>3) Dampak dari tidak adanya air pendingin, suatu pembangkit dapat menyebabkan blackout atau shutdown yang tidak terjadwal, dimana hal tersebut sangat dihindarkan karena :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Penurunan pendapatan, penurunan produksi listrik dan juga dapat menyebabkan kerugian finansial lainnya seperti biaya maintenance. • Blackout atau shutdown yang tidak terjadwal menyebabkan hilangnya kepercayaan customer atau hilangnya reputasi dari pembangkit. 			

ASSET REGISTER CLOSE COOLING SYSTEM

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8	Equipment Tag Number
Plant	Operating Unit	Operating Area	System	Subsystem	Equipment	Component	Component Item	
Pembangkit listrik PT.X								
	Unit 7							7
		Production Departement						
			Water System					
				Close Cooling System				7CC
					Expansion Tank			7CC-TK-100
					Chemical Tank			7CC-TK-200
					Close Cooling Pump (A)			7CC-P-100A
						Power Transmission		7CC-P-100A-PT
							Coupling	7CC-P-100A-PT-1
							Bearing	7CC-P-100A-PT-2
							Seals	7CC-P-100A-PT-3
						Pump Unit		7CC-P-100A-PU

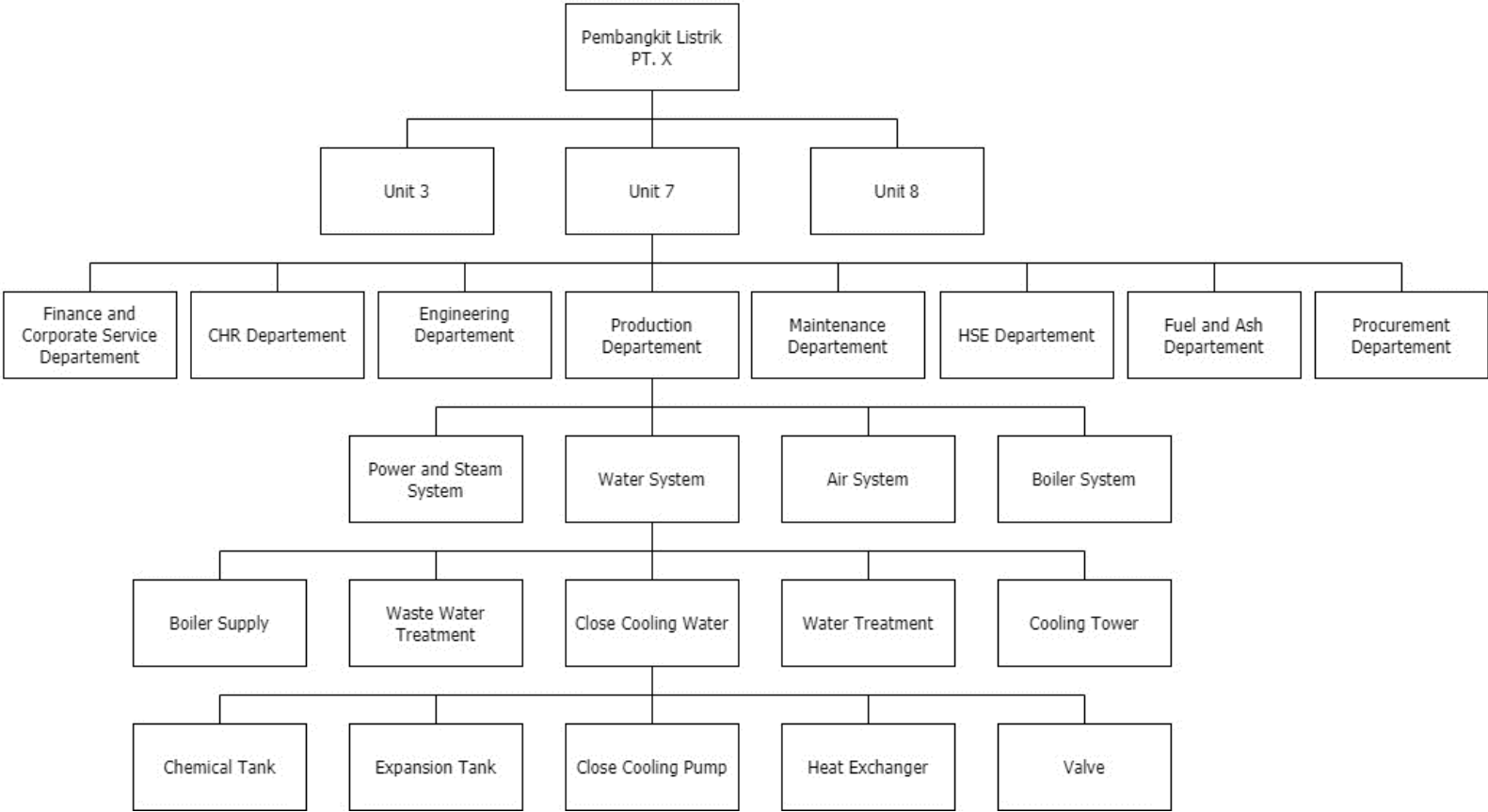
Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8	Equipment Tag Number
Plant	Operating Unit	Operating Area	System	Subsystem	Equipment	Component	Component Item	
							Casing	7CC-P-100A-PU-1
							Impeller	7CC-P-100A-PU-2
							Shaft	7CC-P-100A-PU-3
							Bearing	7CC-P-100A-PU-4
							Seals	7CC-P-100A-PU-5
						Lubrication System		7CC-P-100A-LS
							Filter	7CC-P-100A-LS-1
						Cooling Pump Motor	Motor electric	7CC-P-100A-EM
						Control & Monitoring	Control Unit	7CC-P-100A-CU
					Close Cooling Pump (B)			7CC-P-100B
						Power Transmission		7CC-P-100B-PT
							Coupling	7CC-P-100B-PT-1
							Bearing	7CC-P-100B-PT-2
							Seals	7CC-P-100B-PT-3
						Pump Unit		7CC-P-100B-PU
							Casing	7CC-P-100B-PU-1
							Impeller	7CC-P-100B-PU-2
							Shaft	7CC-P-100B-PU-3
							Bearing	7CC-P-100B-PU-4

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8	Equipment Tag Number
Plant	Operating Unit	Operating Area	System	Subsystem	Equipment	Component	Component Item	
							Seals	7CC-P-100B-PU-5
						Lubrication System		7CC-P-100B-LS
							Filter	7CC-P-100B-LS-1
						Cooling Pump Motor	Motor electric	7CC-P-100B-EM
						Control & Monitoring	Control Unit	7CC-P-100A-CU
					Heat Exchanger (A)			7CC-HX-100A
						Heat Exchanger External		7CC-HX-100A-EX
							Body/Shell	7CC-HX-100A-EX-1
						Heat Exchanger Internal		7CC-HX-100A-IN
							Baffle	7CC-HX-100A-IN-1
							Seals	7CC-HX-100A-IN-2
							Tubesheet	7CC-HX-100A-IN-3
							Tubes	7CC-HX-100A-IN-4
					Heat Exchanger (B)			7CC-HX-100B
						Heat Exchanger External		7CC-HX-100B-EX
							Body/Shell	7CC-HX-100B-EX-1
						Heat Exchanger Internal		7CC-HX-100B-IN
							Baffle	7CC-HX-100B-IN-1

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8	Equipment Tag Number
Plant	Operating Unit	Operating Area	System	Subsystem	Equipment	Component	Component Item	
							Seals	7CC-HX-100B-IN-2
							Tubesheet	7CC-HX-100B-IN-3
							Tubes	7CC-HX-100B-IN-4
					CC Water Pump			7CC-PV-804
					Minimum Flow Valve			
						Valve		7CC-PV-804-V
							Bonnet	7CC-PV-804-V-1
							Flange	7CC-PV-804-V-2
							Valve	7CC-PV-804-V-3
						Actuator		7CC-PV-804-AC
							Piston	7CC-PV-804-AC-1
							Gasket	7CC-PV-804-AC-2
							Stem	7CC-PV-804-AC-3
					CC Water Expansion			7CC-LV-800
					Tank Level Valve			
						Valve		7CC-LV-800-V
							Bonnet	7CC-LV-800-V-1
							Flange	7CC-LV-800-V-2
							Valve	7CC-LV-800-V-3
						Actuator		7CC-LV-800-AC
							Piston	7CC-LV-800-AC-1
							Gasket	7CC-LV-800-AC-2
							Stem	7CC-LV-800-AC-3

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7	Level 8	Equipment Tag Number
Plant	Operating Unit	Operating Area	System	Subsystem	Equipment	Component	Component Item	
					CC Water Emergency Supply Valves for BCWP (1)			7CC-ISV-201
						Valve		7CC-ISV-201-V
							Bonnet	7CC-ISV-201-V-1
							Flange	7CC-ISV-201-V-2
							Valve	7CC-ISV-201-V-3
						Actuator		7CC-ISV-201-AC
							Piston	7CC-ISV-201-AC-1
							Gasket	7CC-ISV-201-AC-2
							Stem	7CC-ISV-201-AC-3
					CC Water Emergency Supply Valves for BCWP (2)			7CC-ISV-202
						Valve		7CC-PV-804-V
							Bonnet	7CC-ISV-202-V-1
							Flange	7CC-ISV-202-V-2
							Valve	7CC-ISV-202-V-3
						Actuator		7CC-PV-804-AC
							Piston	7CC-ISV-202-AC-1
							Gasket	7CC-ISV-202-AC-2
							Stem	7CC-ISV-202-AC-3

ASSET HIERARCHY CLOSE COOLING SYSTEM



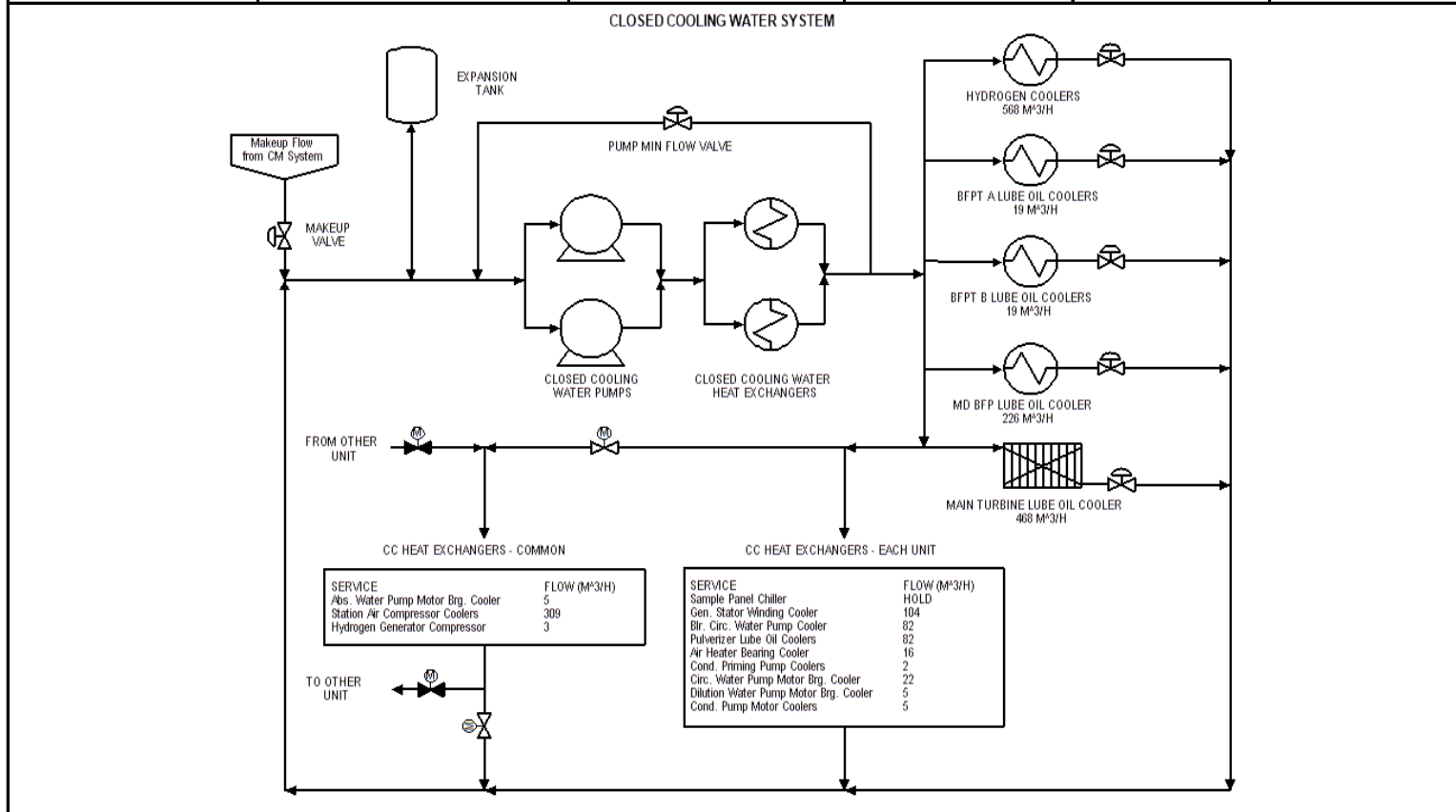
LAMPIRAN 3

DEFINISI BATASAN SISTEM

CLOSE COOLING SYSTEM (CC)

**RCM II
INFORMATION
WORKSHEET**
© 1996 ALADON LTD

SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
Close Cooling System				
SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of



RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
	Close Cooling System				
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
1. MAJOR EQUIPMENT INCLUDE			2. PRIMARY PHYSICAL BOUNDARY		
			Start With		
Expansion Tank	Structure	: Tank body	Air pendingin dari CM System menuju Close Cooling Pump		
Close Cooling Pump	Power Transmission	: Bearing, Seals, Lubrication, Coupling			
	Pump Unit	: Support, Casing, Impeller, Shaft, Bearing Seals, Valves, Piping, Cylinder Liner, Piston			
	Control and Monitoring	: Instrument, Cabling, Control unit, Monitoring power supply			
	Lubrication System	: Reservoir, Pump with motor, Filters, Valves Piping, Oil, Cooler			
Heat Exchanger	External	: Support, body/shell			
	Internal	: Tubes, tubesheet, baffle, nozzle			
	Control and monitoring	: Cabling, control unit, instrument, monitoring power supply			
Valves	Valve	: Bonnet, flange, packing, seals, valve body			
	Actuator	: Case, diaphragm, electric motor, gear piston, seals (gaskets), spring, stem			
	Control and Monitoring	: Instrument, Cabling, Control unit, Monitoring power supply			
3. IMPORTANT NOTES			Terminate With		
Reference based on PFD System			Heat exchanger discharge		

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System				
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of

Type of Interface	Bounding System	Interface Location	Dwg. or Ref.
IN (Demineralized Water)	Expansion Tank	Inlet side suction tank	
IN (Demineralized Water)	Close Cooling Pump	Suction inlet pompa	
IN (Demineralized Water)	Heat Exchanger	Suction nozzle heat exchanger	
IN (Seawater)	Heat Exchanger	Suction nozzle heat exchanger	
OUT (Drain Water)	Expansion Tank	Venthole tank	
OUT (Treated Water)	Close Cooling Pump	Discharge outlet pompa	
OUT (Treated Water)	Heat Exchanger	Discharge nozzle heat exchanger	
OUT (Sea Water)	Heat Exchanger	Discharge nozzle heat exchanger	

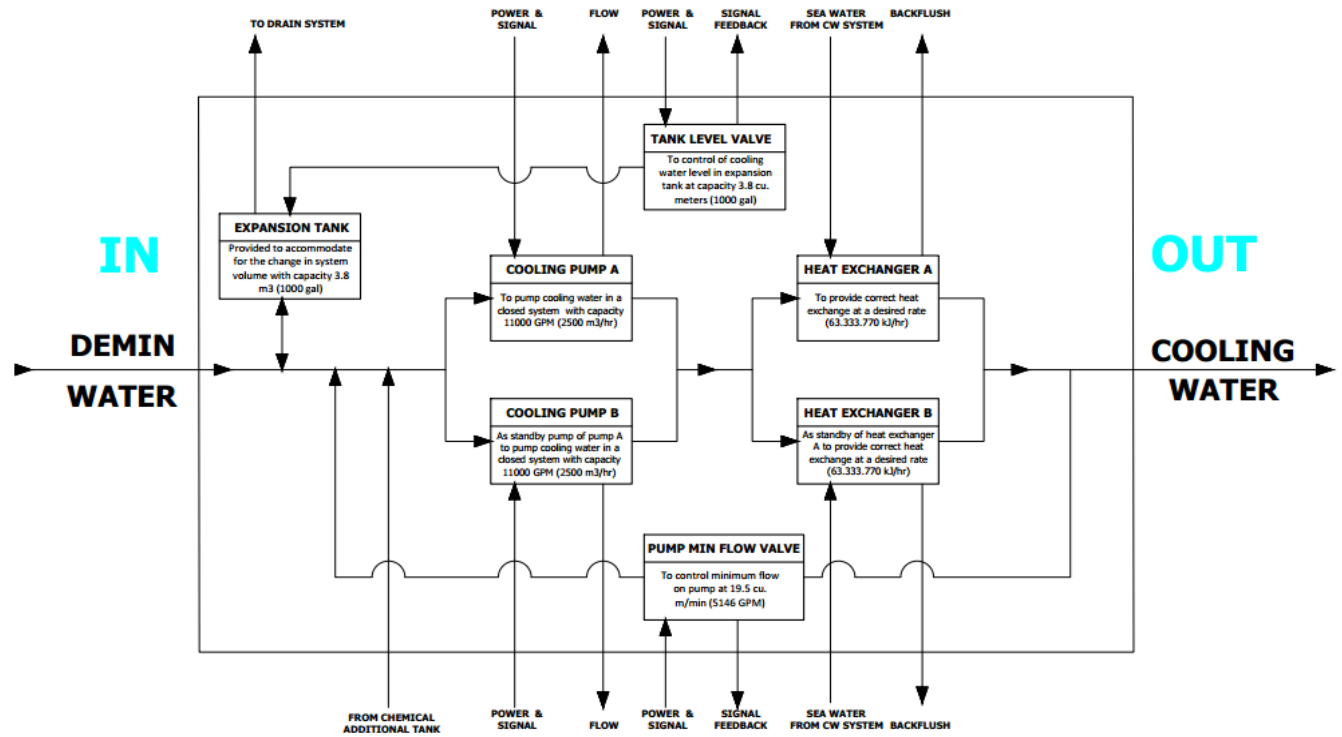
LAMPIRAN 4

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM (FBD)

CLOSE COOLING SYSTEM (CC)

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N ^Ω	Facilitator	Date	Sheet N ^Ω
	Close Cooling System				
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^Ω	Auditor	Date	of

FUNCTIONAL BLOK DIAGRAM CLOSE COOLING SYSTEM



LAMPIRAN 5

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS

**CLOSE COOLING PUMP A (7CC-P-100A)
RCM II INFORMATION WORKSHEET**

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			1
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	A Pump fails to start	1 Pump power is not available cause by pump motor doesn't run	1	<p>Menyebabkan tidak adanya cooling water yang didistribusikan yang ditandai dengan adanya tanda minimum flow level pump yang menyala di control room. Akibatnya tidak adanya tekanan hisap yang keluar karena tidak adanya power input yang diberikan, maka pompa tidak akan mampu menyerap fluida.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam</p>	
			2 Impeller cant turn cause impeller	2	Penyumbatan impeller dapat menyebabkan pompa mengalami penurunan kemampuan	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			2
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	A Pump fails to start	2 Impeller cant turn cause impeller locked by contaminant	2	kerja, mengakibatkan tekanan yang dikeluarkan menurun/tidak ada. Akibatnya tidak adanya cooling water yang didistribusikan yang ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala di control room	
					Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :	
			1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 2-6 jam			
			3 Corrosion of pump cause by biological growth	3	Korosi secara umum akan menyebabkan kerusakan pada komponen pompa. Dalam hal ini pompa akan mengalami penurunan	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			3
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	A Pump fails to start	3 Corrosion of pump cause by biological growth	3	<p>performa dan juga efisiensi pompa akan menurun. Akibatnya tidak adanya cooling water yang didistribusikan yang ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-12 jam</p>	
		B Pump does not deliver cooling water	1 Pump not primed - Casing and suction pipe are not	4	Menyebabkan tidak adanya cooling water yang didistribusikan yang ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala.	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			4
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	B Pump does not deliver cooling water	1 Pump not primed - Casing and suction pipe are not completely filled with fluid due to lack of pressure	4	<p>Menyebabkan tidak adanya cooling water yang didistribusikan yang ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala. Pompa yang tidak siap akan menyebabkan tidak adanya tekanan hisap dan tidak akan mampu memompa air, jika ketinggian air di sisi penghisapan lebih rendah dari bukaan saluran masuk pompa, maka tidak akan mampu menyedot air ke dalam pompa</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, pompa yang tidak siap digunakan dapat mengakibatkan downtime produksi untuk</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
© 1996 ALADON LTD		Close Cooling System	7CC			5
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	B Pump does not deliver cooling water		5	Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam	
			2 Suction valve/line clogged cause by contaminant	5	Penyumbatan pada suction line pompa dapat menyebabkan pompa mengalami penurunan kemampuan kerja sehingga mengakibatkan tekanan yang dikeluarkan menurun/ tidak ada yang ditandai dengan tidak ada fluida yang mengalir keluar. Tidak adanya fluida yang keluar ditandai dengan menyalnya flow minimum valve.	
					Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :	
					1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan	
					2) Operation, dapat menyebabkan kerusakan pada pompa akibat tidak mampu menahan tekanan fluida dan menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan	
					3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			6
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57

FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	B Pump does not deliver cooling water		4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 2-6 jam
			3 Impeller plugged cause by contaminant	6 Penyumbatan impeller dapat menyebabkan pompa mengalami penurunan kemampuan kerja mengakibatkan tekanan yang dikeluarkan menurun/tidak ada yang ditandai dengan tidak adanya fluida yang mengalir keluar. Tidak adanya fluida yang keluar ditandai dengan <u>menyalanya flow minimum valve.</u> Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, penyumbatan fluida dapat merusak impeller dan pompa karena tekanan dan kapasitas berlebihan akibat fluida yang tertahan. Selain itu menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan.

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			7
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	B Pump does not deliver cooling water			3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya	
					4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 2-6 jam	
			4 Wrong direction of rotation or impeller backwards	7	Kesalahan putaran impeller dapat mengakibatkan tekanan pompa berkurang, penurunan performa dan penurunan efisiensi pompa. Selain itu menyebabkan tidak adanya cooling water yang didistribusikan yang ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala.	
Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :						
1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan						
2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan.						

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			8
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
	<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	B Pump does not deliver cooling water			3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya	
				4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya	
				5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam	
		5	Stuffing box/Mechanical seal worn out due to leakage	8	Mechanical seal yang mengalami bocor dan aus dapat menyebabkan tidak adanya fluida yang mengalir ditandai dengan minimal flow level yang menyala sehingga efisiensi pompa berkurang akibatnya pompa tidak dapat bekerja secara optimal. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan. 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM		SYSTEM N^o		Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System		7CC				9
	SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N^o		Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump A		7CC-P-100A				57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>		<i>(Cause of Failure)</i>		<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	B	Pump does not deliver cooling water			4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 2-6 jam	
				6	Air pocket in suction line due to lack of pressure	9	Menyebabkan pompa mengalami kavitasi dan penurunan tekanan hisap pompa berakibat tidak adanya fluida yang mengalir dan efisiensi pompa berkurang. Hal tersebut ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terganggu namun tidak ada financial pinalty yang diberikan. 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 2-10 jam

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM		SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System		7CC			10
	SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump A		7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	B Pump does not deliver cooling water	7 No power and signal	10	<p>Pompa tidak dapat mengalirkan fluida yang ditandai dengan tidak menyala nya tombol power, hal ini menyebabkan air tidak dapat mengalir sehingga pompa tidak dapat bekerja maksimal (no efficiency). Tidak ada fluida yang mengalir ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala dan juga ditandai dengan trip alarm pada motor yang menyala di control room.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terganggu namun tidak ada financial</p> <p>3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			11
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57

FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	Pump does not deliver cooling water	8 Shaft is not turning due to lack of lubrication	11	<p>Gaya gerak dari motor listrik tidak dapat menggerakkan sistem pompa, sehingga pompa tidak berfungsi dengan ditandai tidak adanya air yang mengalir. Tidak ada fluida yang mengalir ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan.</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam</p>

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			12
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	C Not enough liquid delivered- Flow less than 11000 GPM (2500 m3/hr)	1 Pump not primed	12	<p>Menyebabkan kapasitas fluida yang di pompakan berkurang yang ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala hal ini mengakibatkan proses distribusi cooling water tidak maksimal. Pompa yang tidak siap akan menyebabkan tidak adanya tekanan hisap dan tidak akan mampu memompa air.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, pompa yang tidak siap digunakan dapat mengakibatkan downtime produksi untuk</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			13
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	C Not enough liquid delivered- Flow less than 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	2 Impeller damage cause normal wear	13	<p>Pompa yang mengalami kavitasi dan vibrasi menyebabkan kerusakan pada impeller berakibat pompa mengalami penurunan kemampuan kerja dan berakibat dapat merusak komponen lainnya seperti seal dan bearing. Kerusakan juga dapat menyebabkan aliran fluida berkurang yang ditandai dengan menyalnya tanda aliran minimum air.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance akibat second damage (seal, bearing) yang ditimbulkan</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-12 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			14
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	C Not enough liquid delivered- Flow less than 11000 GPM (2500 m3/hr)	3 Impeller clearance too great	14	<p>Vibrasi menyebabkan pompa mengalami masalah resirkulasi internal yang menyebabkan kenaikan suhu internal pompa dan hilangnya efisiensi pompa karena kavitasi. Menyebabkan tidak adanya cooling water yang didistribusikan yang ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-12 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM Close Cooling System	SYSTEM N^Ω 7CC	Facilitator	Date	Sheet N^Ω 15	
	SUB - SYSTEM Close Cooling Pump A	SUB - SYSTEM N^Ω 7CC-P-100A	Auditor	Date	of 57	
	FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	C Not enough liquid delivered- Flow less than 11000 GPM (2500 m3/hr)	4 Mechanical seal fluid worn out cause by leakage	15	Mechanical seal atau stuffing box yang mengalami bocor dan aus dapat menyebabkan mengakibatkan fluida yang mengalir berkurang sehingga efisiensi pompa menurun. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam	
			5 Impeller passages blocked cause dirty	16	Penyumbatan impeller dapat mengurangi tingkat keefektifan transmisi ke shaft sehingga berdampak pada performa pompa. Kerusakan ini mengakibatkan fluida yang mengalir berkurang.	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			16
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	C Not enough liquid delivered- Flow less than 11000 GPM (2500 m3/hr)			Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :	
					1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 2-6 jam	
			6 Low speed pump motor	17	Motor yang mengalami penurunan performa dapat menyebabkan berkurangnya tenaga yang diberikan ke pompa sehingga pompa tidak dapat bekerja maksimal (no efficiency). Fluida yang mengalir berkurang ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala	
					Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :	
					1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			17
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	C Not enough liquid delivered- Flow less than 11000 GPM (2500 m3/hr)		2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan		
				3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya		
				4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam		
			7 Suction strainer blockage cause dirty	18		
				Penyumbatan suction strainer dapat meningkatkan viskositas dari fluida sehingga dapat menyebabkan vakum pada pompa yang dapat berakibat kavitasi dan kerusakan mekanis lainnya. Fluida yang dialirkan menjadi berkurang yang ditandai dengan menyalanya flow level pada pompa		
				Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :		
				1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan		
				2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan		

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			18
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	C Not enough liquid delivered- Flow less than 11000 GPM (2500 m ³ /hr)			3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya	
					4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam	
			8 Suction discharge valve not fully open	19	Menyebabkan fluida yang didistribusikan berkurang akibat tidak dapat mengalir sepenuhnya, ditandai dengan adanya tanda <u>minimum flow level yang menyala.</u> Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :	
					1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan	
					2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan	
					3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya	
					4) Tidak ada biaya operational tambahan lainnya akibat kerusakan	
					5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 1 jam	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o	
		Close Cooling System		7CC		19	
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of	
		Close Cooling Pump A		7CC-P-100A		57	
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT			
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>			
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	C	Not enough liquid delivered- Flow less than 11000 GPM (2500 m3/hr)	9	Air leak in suction line due to lack of pressure	20	<p>Kebocoran pada area suction line maka sudah tentu mengakibatkan tekanan turun. apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun hal tersebut ditandai dengan minimum flow valve yang menyala.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Tidak ada peningkatan biaya operational yang ditimbulkan</p> <p>4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>
		D	Flow more than 11000 GPM (2500 m3/hr)	1	The control and monitoring system cannot regulate flow capacity	21	Pompa mengalami overload yang ditandai dengan menyalnya tanda batas maksimal sistem kerja pompa, dapat menyebabkan kerusakan pada valve discharge/suction.

RCM II INFORMATION WORKSHEET		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
© 1996 ALADON LTD		Close Cooling System	7CC			20
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	D Flow more than 11000 GPM (2500 m3/hr)			Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tumpahan fluida dapat menyebabkan genangan dan korosi pada 2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas operasional terhenti akibat fluida yang berlebihan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam	
			2	Faulty control relief valve	22	Menyebabkan fluida yang mengalir meningkat melebihi kapasitas pompa. Pompa mengalami overload karena valve untuk mengatur kapasitas aliran tidak dapat menurunkan tekanan berlebihan yang ditandai dengan menyalnya tanda batas maksimal sistem kerja pompa. Fluida yang masuk ke dalam pompa dengan tekanan berlebih ini dapat merusak valve sehingga pompa tidak berjalan maksimal.

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			21
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	D	Flow more than 11000 GPM (2500 m ³ /hr)			<p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tumpahan fluida dapat menyebabkan genangan dan korosi pada pompa</p> <p>2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas operasional terhenti akibat fluida yang berlebihan</p> <p>3) Tidak ada peningkatan biaya operational yang ditimbulkan</p> <p>4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>
		E	Pump vibrates or causes too much noise	1	Suction strainer blocked cause of contaminant	23

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			22
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	E Pump vibrates or causes too much noise			2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan	
					3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 2-6 jam	
			2 Bearing damage (normal wear)	24	Pompa mengalami penurunan performa yang menyebabkan tekanan menurun dan pompa mengalami vibrasi yang ditandai dengan berkurangnya fluida yang mengalir serta udara masuknya udara yang bisa menyebabkan kavitasi. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM		SYSTEM N^o		Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System		7CC				23
	SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N^o		Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump A		7CC-P-100A				57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>		<i>(Cause of Failure)</i>		<i>(What Happen When It Fails)</i>	
To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)		E	Pump vibrates or causes too much noise	3	Unbalance rotor	25	3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya
							4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya
							5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-24 jam
							Pompa mengalami penurunan performa yang menyebabkan tekanan menurun dan pompa mengalami vibrasi sehingga terdengar suara bising dari rotor. Hal ini ditandai dengan berkurangnya fluida yang mengalir serta udara masuknya udara yang bisa menyebabkan kavitasi. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			24
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	E Pump vibrates or causes too much noise			3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya	
					4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam	
			4 Coupling alignment faults	26	Coupling misalignment dapat menyebabkan terjadinya panas pada bearing karena bertambahnya gesekan dan vibrasi dan akibatnya umur bearing akan berkurang. Coupling misalignment juga akan mengakibatkan terjadinya retak pada casing pompa, bertambahnya suara bising dan kerusakan pada shaft pompa yang ditandai dengan tidak ada aliran fluida yang mengalir (pompa tidak berfungsi)	
					Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :	
					1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan	
					2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty	

RCM II INFORMATION WORKSHEET		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
© 1996 ALADON LTD		Close Cooling System	7CC			25
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	E Pump vibrates or causes too much noise			3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya	
					4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya	
					5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam	
			5 Shaft bent cause misalignment	27	Pompa mengalami penurunan performa yang menyebabkan tekanan menurun dan pompa mengalami vibrasi dan kavitasi sehingga terdengar suara bising, selain itu juga dapat merusak coupling, bearing dan juga seal. Hal ini ditandai dengan berkurangnya fluida yang mengalir.	
					Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :	
					1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan	
					2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty	
					3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			26
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	E Pump vibrates or causes too much noise			4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam	
			6 Pump runs with cavitation	28	Menyebabkan pompa mengalami penurunan performa dan efisiensi berkurang. Kerusakan dapat menimbulkan kebisingan dan vibrasi yang mengakibatkan berkurang kapasitas fluida yang dialirkan oleh pompa. Hal ini ditandai dengan flow minimum pompa yang menyala. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			27
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	E Pump vibrates or causes too much noise	7 Bearing worn out due to lack of lubrication	29 Pompa mengalami penurunan performa yang menyebabkan tekanan menurun dan pompa mengalami vibrasi sehingga terdengar suara bising. Hal ini ditandai dengan berkurangnya fluida yang mengalir serta masuknya udara yang bisa menyebabkan kavitasi. Hal tersebut ditandai dengan menyalnya tanda minimum aliran air. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM Close Cooling System	SYSTEM N^o 7CC	Facilitator	Date	Sheet N^o 28	
	SUB - SYSTEM Close Cooling Pump A	SUB - SYSTEM N^o 7CC-P-100A	Auditor	Date	of 57	
	FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>	
	1 To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	F Pump works a while than quits	1 Leaky in suction line	30	Kebocoran pada area suction line maka sudah tentu mengakibatkan tekanan turun. apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun hal tersebut ditandai dengan minimum flow valve yang menyala. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam	
		2 Air pocket in suction line	31	Menyebabkan pompa mengalami kavitasi dan penurunan tekanan hisap pompa berakibat tidak adanya fluida yang mengalir dan efisiensi pompa berkurang. Hal tersebut ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :		

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			29
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	F Pump works a while than quits			1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam
			3 Air or gases in liquid	32	Menyebabkan pompa mengalami vibrasi yang ditandai dengan berkurangnya fluida yang mengalir serta udara atau gas masuk yang bisa menyebabkan kavitasi. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM Close Cooling System	SYSTEM N^o 7CC	Facilitator	Date	Sheet N^o 30	
	SUB - SYSTEM Close Cooling Pump A	SUB - SYSTEM N^o 7CC-P-100A	Auditor	Date	of 57	
	FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
	1 To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	F Pump works a while than quits	4 impeller plugged due to dirty of contaminant	33	3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			31
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	F Pump works a while than quits		5) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya		
			5 Casing gasket damage (normal wear)	34	Kerusakan pada gasket menyebabkan menurunnya performa dan efisiensi pada pompa dan mengakibatkan tekanan turun. Apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.	Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :
				1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan		
				2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan		
				3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya		
				4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya		
				5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam		

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			31
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57

FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	G Pump leaks excessively at stuffing box/seal	1 Packing is worn or not properly lubricated	35	<p>Menyebabkan kebocoran pada pompa sehingga pompa mengalami penurunan kemampuan kerja yang mengakibatkan tekanan pompa menurun. Apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam</p>

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			32
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1 To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	G Pump leaks excessively at stuffing box	2 Packing is incorrectly (not properly run in)	36 Menyebabkan kebocoran pada pompa sehingga pompa mengalami penurunan kemampuan kerja yang mengakibatkan tekanan pompa menurun. Apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.		
			Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :		
			1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan		
			2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan		
			3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya		
			4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya		
			5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam		

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System		7CC		34
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A		7CC-P-100A		57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	G Pump leaks excessively at stuffing box	3 Shaft sleeve scored	37	<p>Menyebabkan kebocoran pada pompa sehingga pompa mengalami penurunan kemampuan kerja yang mengakibatkan tekanan pompa menurun. Apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM Close Cooling System	SYSTEM N^o 7CC	Facilitator	Date	Sheet N^o 35	
	SUB - SYSTEM Close Cooling Pump A	SUB - SYSTEM N^o 7CC-P-100A	Auditor	Date	of 57	
	FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
	1 To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	G Pump leaks excessively at stuffing box	4 Insufficient packing	38 Menyebabkan kebocoran pada pompa sehingga pompa mengalami penurunan kemampuan kerja yang mengakibatkan tekanan pompa menurun. Apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam		

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System		7CC		36
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A		7CC-P-100A		57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	G Pump leaks excessively at stuffing box	5 Damaged mechanical seals	39	<p>Menyebabkan kebocoran pada pompa sehingga pompa mengalami penurunan kemampuan kerja yang mengakibatkan tekanan pompa menurun. Apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalnya tanda minimum aliran air.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^Ω	Facilitator	Date	Sheet N ^Ω
		Close Cooling System		7CC		37
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^Ω	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A		7CC-P-100A		57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	H High bearing temperature	1 Shaft bent due to misalignment	40	<p>Pompa mengalami penurunan performa yang menyebabkan tekanan menurun dan pompa mengalami vibrasi sehingga terdengar suara bising, selain itu juga dapat merusak coupling, bearing dan juga seal. Hal ini ditandai dengan berkurangnya fluida yang mengalir serta udara masuknya udara yang bisa menyebabkan kavitasi. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam</p> <p>5) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			38
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	H High bearing temperature	2 Excessive vibration	41	<p>Vibrasi berlebih pada pompa dapat menurunkan performa dan efisiensi pompa. Selain itu kerusakan dapat menimbulkan kebisingan dan kerusakan pada bearing dan juga shaft. Menyebabkan berkurangnya fluida yang mengalir yang ditandai dengan menyalnya tanda flow minimum pada pompa.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam</p>

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM Close Cooling System	SYSTEM N^Ω 7CC	Facilitator	Date	Sheet N^Ω 39	
	SUB - SYSTEM Close Cooling Pump A	SUB - SYSTEM N^Ω 7CC-P-100A	Auditor	Date	of 57	
	FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
	1 To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	H High bearing temperature	3 Improper Lubrication	42	Pompa mengalami penurunan performa yang menyebabkan tekanan menurun dan pompa mengalami vibrasi yang ditandai dengan berkurangnya fluida yang mengalir serta udara masuknya udara yang bisa menyebabkan kavitasi. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^Ω	Facilitator	Date	Sheet N ^Ω
		Close Cooling System	7CC			40
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^Ω	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	I Bearing doesn't work (cannot reduce friction between shaft)	1 Lack of lubrication	43	<p>Timbulnya panas merupakan akibat kekurangan pelumasan. Panas menyebabkan perubahan warna pada permukaan bearing, roller dan ball. Pada plain bearing, kekurangan pelumasan akan mengakibatkan goresan, keausan berlebih dan akhirnya akan menyebabkan keseluruhan bagian bearing mengalami kerusakan</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			41
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	I Bearing doesn't work (cannot reduce friction between shaft)	2 Bearing fails due to corrosion	44	<p>Korosi pada bearing dapat menyebabkan vibrasi pada pompa. Vibrasi berlebih pada pompa dapat menurunkan performa dan efisiensi pompa. Selain itu kerusakan dapat menimbulkan kebisingan dan kerusakan pada bearing. Menyebabkan berkurangnya fluida yang mengalir yang ditandai dengan menyalnya tanda flow minimum pada pompa</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			42
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57

FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	I Bearing doesn't work (cannot reduce friction between shaft)	3 Improper bearing installation	45	<p>Pemasangan bearing pada poros yang tidak hati-hati dan tidak sesuai standart yang ditentukan. Kesalahan pada saat pemasangan, diantaranya pemasangan yang terlalu longgar, akibatnya cincin dalam atau cincin luar yang berputar yang menimbulkan gesekan dengan housing/poros, pemasangan yang terlalu erat, akibatnya ventilasi atau celah yang kurang sehingga pada saat berputar suhu bantalan akan cepat meningkat dan terjadi konsentrasi tegangan yang lebih. Terjadi pembenjolan pada jalur jalan atau pada roll sehingga bantalan saat berputar akan tersendat- sendat. Menyebabkan pompa mengalami vibrasi yang ditandai dengan tidak adanya fluida yang mengalir serta udara masuk yang bisa menyebabkan kavitasi. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p>

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			43
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
	<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	I Bearing doesn't work (cannot reduce friction between shaft)			2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty
					3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya
					4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam
		4 Bearing damage cause by misaligment	46	Terjadi misalignment, dimana kedudukan poros pompa dan penggeraknya tidak lurus, bearing akan mengalami vibrasi tinggi. Pemasangan yang tidak sejajar tersebut akan menimbulkan guncangan pada saat berputar yang dapat merusak bearing. Kemiringan dalam pemasangan bearing juga menjadi faktor kerusakan bearing, karena bearing tidak menumpu poros dengan tidak baik, sehingga timbul getaran yang dapat merusak komponen tersebut. Menyebabkan pompa mengalami vibrasi yang ditandai dengan tidak adanya fluida yang mengalir serta udara masuk yang bisa menyebabkan kavitasi.	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			44
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)			Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas peralatan lainnya terhenti 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam	
	J The seal doesnt work (cannot prevent fluid leakage or seals leaks)	1	Gasket worn due lack of lubrication	47	Kebocoran pada sela -sela gasket, maka sudah tentu tekanan turun. Apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM		SYSTEM N ^o		Facilitator		Date		Sheet N ^o	
		Close Cooling System		7CC						45	
		SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N ^o		Auditor		Date		of	
		Close Cooling Pump A		7CC-P-100A						57	
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT					
		<i>(Loss of Function)</i>		<i>(Cause of Failure)</i>		<i>(What Happen When It Fails)</i>					
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	J	The seal doesnt work (cannot prevent fluid leakage or seals leaks)					3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya			
								4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya			
								5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam			
				2	Seal not installed correctly	48	Seal tidak dapat menutupi sela-sela komponen sehingga bocor. Seal bocor maka sudah tentu tekanan turun. Apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.				
							Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :				
							1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan				
							2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas peralatan lainnya terhenti				
							3) Tidak ada peningkatan biaya operational yang ditimbulkan				
							4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya				

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM Close Cooling System	SYSTEM N^o 7CC	Facilitator	Date	Sheet N^o 46	
	SUB - SYSTEM Close Cooling Pump A	SUB - SYSTEM N^o 7CC-P-100A	Auditor	Date	of 57	
	FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
	1 To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	J The seal doesnt work (cannot prevent fluid leakage or seals leaks)	3 Carbon seal worn due to lack lubrication	49	5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam Kebocoran pada sela -sela gasket, maka sudah tentu tekanan turun. Apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			47
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	J The seal doesnt work (cannot prevent fluid leakage or seals leaks)	4	Inlet/Outlet connection loose or no gasket	50	<p>Fluida masuk melewati sela-sela kecil pada komponen. Kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam</p>
			5	Casing clamp loose	51	<p>Fluida masuk melewati sela-sela kecil pada komponen. Kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.</p>

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			48
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE		FAILURE EFFECT	
	<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>		<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)				Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam
		K	Not enough pressure	1	Speed too low

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM Close Cooling System	SYSTEM N^Ω 7CC	Facilitator	Date	Sheet N^Ω 49	
	SUB - SYSTEM Close Cooling Pump A	SUB - SYSTEM N^Ω 7CC-P-100A	Auditor	Date	of 57	
	FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
	1 To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	K Not enough pressure	2 Air or gases in liquid	53	2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam Menyebabkan pompa mengalami vibrasi yang ditandai dengan berkurangnya fluida yang mengalir serta udara atau gas masuk yang bisa menyebabkan kavitasi. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			50
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	K Not enough pressure			4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya	
					5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam	
			3 Impeller diameter comes too small due to dirty	54	Tekanan tidak memenuhi atau tidak sesuai kapasitas yang dibutuhkan sehingga fluida yang di pompakan berkurang yang ditandai dengan menyalanya tanda minimum flow.	
					Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :	
					1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan	
					2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan	
					3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya	
					4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam	
					4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			51
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	K Not enough pressure	4 Wrong direction of rotation or impeller backwards	55	<p>Kesalahan putaran impeller dapat mengakibatkan tekanan pompa berkurang, penurunan performa dan penurunan efisiensi pompa. Selain itu menyebabkan tidak adanya cooling water yang didistribusikan yang ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			52
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	L Motor electric doesn't work (cannot operate the pump)	1 No power and signal	56	<p>Motor yang mengalami penurunan performa dapat menyebabkan berkurangnya tenaga yang diberikan ke pompa sehingga pompa tidak dapat bekerja maksimal (no efficiency). Tidak ada fluida yang mengalir ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Tidak ada peningkatan biaya operational yang ditimbulkan</p> <p>4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System		7CC		53
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A		7CC-P-100A		57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	L Motor electric doesn't work (cannot operate the pump)	2	Motor fails due to vibration	57	Menyebabkan elemen pompa diantaranya mechanical seal dan bearing rusak yang ditandai dengan pompa tidak menyala sehingga tidak dapat mengalirkan fluida.
			Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :			
						1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan
						2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty
						3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya
						4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya
						5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	L Motor electric doesn't work (cannot operate the pump)	3	Motor corrosion cause by moisture	58	Komponen motor listrik mengalami korosi yang ditandai tidak menyala/tidak berfungsinya motor listrik tersebut.
			Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :			
						1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			54
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	L Motor electric doesn't work (cannot operate the pump)			2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty	
					3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya	
					4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya	
					5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam	
			4	The area around electric motor is dirty	59	Kerusakan dan korosi akibat kotoran / debu yang menempel pada komponen yang ditandai tidak menyala/berfungsinya motor listrik tersebut.
					Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :	
					1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan	
					2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas peralatan lainnya terhenti	
					3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya	
					4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			55
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	M Motor electric is overloaded	1	System head is lower than expected, leading to excessive flowrate	60	Air yang di pompakan berlebihan yang ditandai dengan menyalanya tanda maksimum kapasitas air. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :
						1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam
			2	Density or viscosity of the fluid pumped is higher than expected	61	Kerusakan dan kavitasi pada impeller. Menyebabkan pompa mengalami kavitasi dan penurunan tekanan hisap pompa berakibat tidak adanya fluida yang mengalir dan efisiensi pompa berkurang. Hal tersebut ditandai dengan Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			56
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	M Motor electric is overloaded		1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty 3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam		
			3 Speed too high	62 Air yang di pompakan berlebihan yang ditandai dengan menyalanya tanda maksimum kapasitas air. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya		

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			57
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump A	7CC-P-100A			57
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	M Motor electric is overloaded			4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam
			4 Operating Voltage is low	63	Air yang di pompakan berkurang yang ditandai dengan menyalnya tanda minimum kapasitas air. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam

LAMPIRAN 5

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS

**CLOSE COOLING PUMP B (7CC-P-100B)
RCM II INFORMATION WORKSHEET**

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			1
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	B Pump does not deliver cooling water	1 Pump not primed - Casing and suction pipe are not completely filled with fluid due to lack of pressure	1	<p>Menyebabkan tidak adanya cooling water yang didistribusikan yang ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala. Pompa yang tidak siap akan menyebabkan tidak adanya tekanan hisap dan tidak akan mampu memompa air, jika ketinggian air di sisi penghisapan lebih rendah dari bukaan saluran masuk pompa, maka tidak akan mampu menyedot air ke dalam pompa</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, pompa yang tidak siap digunakan dapat mengakibatkan downtime produksi untuk</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			2
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	B Pump does not deliver cooling water			5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam	
			2	Suction valve/line clogged cause by contaminant	2	<p>Penyumbatan pada suction line pompa dapat menyebabkan pompa mengalami penurunan kemampuan kerja sehingga mengakibatkan tekanan yang dikeluarkan menurun/ tidak ada yang ditandai dengan tidak ada fluida yang mengalir keluar. Tidak adanya fluida yang keluar ditandai dengan menyalnya flow minimum valve.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, dapat menyebabkan kerusakan pada pompa akibat tidak mampu menahan tekanan fluida dan menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p>

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			3
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54

FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	B Pump does not deliver cooling water			4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 2-6 jam
			3 Impeller plugged cause by contaminant	3	Penyumbatan impeller dapat menyebabkan pompa mengalami penurunan kemampuan kerja mengakibatkan tekanan yang dikeluarkan menurun/tidak ada yang ditandai dengan tidak adanya fluida yang mengalir keluar. Tidak adanya fluida yang keluar ditandai dengan <u>menyalanya flow minimum valve.</u> Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, penyumbatan fluida dapat merusak impeller dan pompa karena tekanan dan kapasitas berlebihan akibat fluida yang tertahan. Selain itu menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan.

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			4
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	B Pump does not deliver cooling water			3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 2-6 jam	
			4 Wrong direction of rotation or impeller backwards	4	Kesalahan putaran impeller dapat mengakibatkan tekanan pompa berkurang, penurunan performa dan penurunan efisiensi pompa. Selain itu menyebabkan tidak adanya cooling water yang didistribusikan yang ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan.	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM		SYSTEM N^o		Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System		7CC				5
	SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N^o		Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B		7CC-P-100B				54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>		<i>(Cause of Failure)</i>		<i>(What Happen When It Fails)</i>	
To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)		B	Pump does not deliver cooling water			3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya	
						4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya	
						5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam	
				5	Stuffing box/Mechanical seal worn out due to leakage	5	Mechanical seal yang mengalami bocor dan aus dapat menyebabkan tidak adanya fluida yang mengalir ditandai dengan minimal flow level yang menyala sehingga efisiensi pompa berkurang akibatnya pompa tidak dapat bekerja secara optimal. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan. 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM		SYSTEM N^Ω		Facilitator	Date	Sheet N^Ω
	Close Cooling System		7CC				6
	SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N^Ω		Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B		7CC-P-100B				54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>		<i>(Cause of Failure)</i>		<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	B	Pump does not deliver cooling water			4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 2-6 jam	
				6	Air pocket in suction line due to lack of pressure	6	Menyebabkan pompa mengalami kavitasi dan penurunan tekanan hisap pompa berakibat tidak adanya fluida yang mengalir dan efisiensi pompa berkurang. Hal tersebut ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala
							Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :
							1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan
							2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terganggu namun tidak ada financial pinalty yang diberikan.
							3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya
							4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya
							5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 2-10 jam

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM		SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System		7CC			7
	SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B		7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	B Pump does not deliver cooling water	7 No power and signal	7	Pompa tidak dapat mengalirkan fluida yang ditandai dengan tidak menyalnya tombol power, hal ini menyebabkan air tidak dapat mengalir sehingga pompa tidak dapat bekerja maksimal (no efficiency). Tidak ada fluida yang mengalir ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala dan juga ditandai dengan trip alarm pada motor yang menyala di control room. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terganggu namun tidak ada financial 3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			8
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54

FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	Pump does not deliver cooling water	8 Shaft is not turning due to lack of lubrication	8	<p>Gaya gerak dari motor listrik tidak dapat menggerakkan sistem pompa, sehingga pompa tidak berfungsi dengan ditandai tidak adanya air yang mengalir. Tidak ada fluida yang mengalir ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan.</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam</p>

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			9
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	C Not enough liquid delivered- Flow less than 11000 GPM (2500 m3/hr)	1 Pump not primed	9	<p>Menyebabkan kapasitas fluida yang di pompakan berkurang yang ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala hal ini mengakibatkan proses distribusi cooling water tidak maksimal. Pompa yang tidak siap akan menyebabkan tidak adanya tekanan hisap dan tidak akan mampu memompa air.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, pompa yang tidak siap digunakan dapat mengakibatkan downtime produksi untuk</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			10
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	C Not enough liquid delivered- Flow less than 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	2 Impeller damage cause normal wear	10	<p>Pompa yang mengalami kavitasi dan vibrasi menyebabkan kerusakan pada impeller berakibat pompa mengalami penurunan kemampuan kerja dan berakibat dapat merusak komponen lainnya seperti seal dan bearing. Kerusakan juga dapat menyebabkan aliran fluida berkurang yang ditandai dengan menyalnya tanda aliran minimum air.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance akibat second damage (seal, bearing) yang ditimbulkan</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-12 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			11
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	C Not enough liquid delivered- Flow less than 11000 GPM (2500 m3/hr)	3 Impeller clearance too great	11	<p>Vibrasi menyebabkan pompa mengalami masalah resirkulasi internal yang menyebabkan kenaikan suhu internal pompa dan hilangnya efisiensi pompa karena kavitasi. Menyebabkan tidak adanya cooling water yang didistribusikan yang ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-12 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			12
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	C Not enough liquid delivered- Flow less than 11000 GPM (2500 m3/hr)	4	Mechanical seal fluid worn out cause by leakage	12	Mechanical seal atau stuffing box yang mengalami bocor dan aus dapat menyebabkan fluida yang mengalir berkurang sehingga efisiensi pompa menurun.
			Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :			
						1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan
						2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan
						3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya
						4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya
						5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam
			5	Impeller passages blocked cause dirty	13	Penyumbatan impeller dapat mengurangi tingkat keefektifan transmisi ke shaft sehingga berdampak pada performa pompa. Kerusakan ini mengakibatkan fluida yang mengalir berkurang.

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			13
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	C Not enough liquid delivered- Flow less than 11000 GPM (2500 m3/hr)			Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 2-6 jam
			6 Low speed pump motor	14	Motor yang mengalami penurunan performa dapat menyebabkan berkurangnya tenaga yang diberikan ke pompa sehingga pompa tidak dapat bekerja maksimal (no efficiency). Fluida yang mengalir berkurang ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			14
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54

FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT
	<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>
To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	C Not enough liquid delivered- Flow less than 11000 GPM (2500 m3/hr)		2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan
			3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya
			4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam
		7 Suction strainer blockage cause dirty	15 Penyumbatan suction strainer dapat meningkatkan viskositas dari fluida sehingga dapat menyebabkan vakum pada pompa yang dapat berakibat kavitasi dan kerusakan mekanis lainnya. Fluida yang dialirkan menjadi berkurang yang ditandai dengan menyalanya flow level pada pompa Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LT	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o	
	Close Cooling System	7CC			15	
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of	
	Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54	
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>			
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	C Not enough liquid delivered- Flow less than 11000 GPM (2500 m3/hr)	8 Suction discharge valve not fully open	16		
				3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam Menyebabkan fluida yang didistribusikan berkurang akibat tidak dapat mengalir sepenuhnya, ditandai dengan adanya tanda <u>minimum flow level yang menyala.</u> Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Tidak ada biaya operational tambahan lainnya akibat kerusakan 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 1 jam		

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o	
		Close Cooling System		7CC		16	
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of	
		Close Cooling Pump B		7CC-P-100B		54	
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT			
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>			
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	C	Not enough liquid delivered- Flow less than 11000 GPM (2500 m3/hr)	9	Air leak in suction line due to lack of pressure	17	<p>Kebocoran pada area suction line maka sudah tentu mengakibatkan tekanan turun. apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun hal tersebut ditandai dengan minimum flow valve yang menyala.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Tidak ada peningkatan biaya operational yang ditimbulkan</p> <p>4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>
		D	Flow more than 11000 GPM (2500 m3/hr)	1	The control and monitoring system cannot regulate flow capacity	18	Pompa mengalami overload yang ditandai dengan menyalnya tanda batas maksimal sistem kerja pompa, dapat menyebabkan kerusakan pada valve discharge/suction.

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM		SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
	Close Cooling System		7CC			17
	SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B		7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)		D Flow more than 11000 GPM (2500 m3/hr)			Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :	
					1) Safety and Enviroment, tumpahan fluida dapat menyebabkan genangan dan korosi pada	
					2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas operasional terhenti akibat fluida yang berlebihan	
					3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya	
					4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam	
			2	Faulty control relief valve	19	Menyebabkan fluida yang mengalir meningkat melebihi kapasitas pompa. Pompa mengalami overload karena valve untuk mengatur kapasitas aliran tidak dapat menurunkan tekanan berlebihan yang ditandai dengan menyalanya tanda batas maksimal sistem kerja pompa. Fluida yang masuk ke dalam pompa dengan tekanan berlebih ini dapat merusak valve sehingga pompa tidak berjalan maksimal.

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			18
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	D	Flow more than 11000 GPM (2500 m ³ /hr)			Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tumpahan fluida dapat menyebabkan genangan dan korosi pada pompa 2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas operasional terhenti akibat fluida yang berlebihan 3) Tidak ada peningkatan biaya operational yang ditimbulkan 4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam
		E	Pump vibrates or causes too much noise	1	Suction strainer blocked cause of contaminant	20

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			19
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	E Pump vibrates or causes too much noise			2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan	
					3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 2-6 jam	
			2 Bearing damage (normal wear)	21	Pompa mengalami penurunan performa yang menyebabkan tekanan menurun dan pompa mengalami vibrasi yang ditandai dengan berkurangnya fluida yang mengalir serta udara masuknya udara yang bisa menyebabkan kavitasi. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air. <u>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</u> 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			20
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	E Pump vibrates or causes too much noise			3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya	
					4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya	
			3	Unbalance rotor	22	5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-24 jam
						Pompa mengalami penurunan performa yang menyebabkan tekanan menurun dan pompa mengalami vibrasi sehingga terdengar suara bising dari rotor. Hal ini ditandai dengan berkurangnya fluida yang mengalir serta udara masuknya udara yang bisa menyebabkan kavitasi. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.
						Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :
						1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan
						2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o	
		Close Cooling System	7CC			21	
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of	
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54	
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT			
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>			
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	E Pump vibrates or causes too much noise			3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya		
					4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam		
			4	Coupling alignment faults	23	Coupling misalignment dapat menyebabkan terjadinya panas pada bearing karena bertambahnya gesekan dan vibrasi dan akibatnya umur bearing akan berkurang. Coupling misalignment juga akan mengakibatkan terjadinya retak pada casing pompa, bertambahnya suara bising dan kerusakan pada shaft pompa yang ditandai dengan tidak ada aliran fluida yang mengalir (pompa tidak berfungsi)	
			Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :		1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan		2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			22
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	E Pump vibrates or causes too much noise			3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam
			5 Shaft bent cause misalignment	24	Pompa mengalami penurunan performa yang menyebabkan tekanan menurun dan pompa mengalami vibrasi dan kavitasi sehingga terdengar suara bising, selain itu juga dapat merusak coupling, bearing dan juga seal. Hal ini ditandai dengan berkurangnya fluida yang mengalir. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty 3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			23
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	E	Pump vibrates or causes too much noise			<p>4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>
			6	Pump runs with cavitation	25	<p>Menyebabkan pompa mengalami penurunan performa dan efisiensi berkurang. Kerusakan dapat menimbulkan kebisingan dan vibrasi yang mengakibatkan berkurang kapasitas fluida yang dialirkan oleh pompa. Hal ini ditandai dengan flow minimum pompa yang menyala.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			24
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	E Pump vibrates or causes too much noise	7 Bearing worn out due to lack of lubrication	26 Pompa mengalami penurunan performa yang menyebabkan tekanan menurun dan pompa mengalami vibrasi sehingga terdengar suara bising. Hal ini ditandai dengan berkurangnya fluida yang mengalir serta masuknya udara yang bisa menyebabkan kavitasi. Hal tersebut ditandai dengan menyalnya tanda minimum aliran air. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			25
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	F Pump works a while than quits	1 Leaky in suction line	27	Kebocoran pada area suction line maka sudah tentu mengakibatkan tekanan turun. apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun hal tersebut ditandai dengan minimum flow valve yang menyala. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :	
			1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam			
			2 Air pocket in suction line	28	Menyebabkan pompa mengalami kavitasi dan penurunan tekanan hisap pompa berakibat tidak adanya fluida yang mengalir dan efisiensi pompa berkurang. Hal tersebut ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			26
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
	<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	F Pump works a while than quits		1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam	
			3	Air or gases in liquid	29

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			27
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	F Pump works a while than quits			3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam
			4 impeller plugged due to dirty of contaminant	30	Penyumbatan pada impeller menyebabkan pompa mengalami penurunan kemampuan kerja mengakibatkan tekanan yang dikeluarkan menurun/tidak ada yang ditandai dengan tidak adanya fluida yang mengalir keluar. Tidak Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			28
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	F Pump works a while than quits	5 Casing gasket damage (normal wear)	31	<p>5) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>Kerusakan pada gasket menyebabkan menurunnya performa dan efisiensi pada pompa dan mengakibatkan tekanan turun. Apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			29
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	G Pump leaks excessively at stuffing box/seal	1 Packing is worn or not properly lubricated	32	<p>Menyebabkan kebocoran pada pompa sehingga pompa mengalami penurunan kemampuan kerja yang mengakibatkan tekanan pompa menurun. Apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			30
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	G Pump leaks excessively at stuffing box	2 Packing is incorrectly (not properly run in)	33	<p>Menyebabkan kebocoran pada pompa sehingga pompa mengalami penurunan kemampuan kerja yang mengakibatkan tekanan pompa menurun. Apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			31
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	G Pump leaks excessively at stuffing box	3 Shaft sleeve scored	34	<p>Menyebabkan kebocoran pada pompa sehingga pompa mengalami penurunan kemampuan kerja yang mengakibatkan tekanan pompa menurun. Apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM Close Cooling System	SYSTEM N^o 7CC	Facilitator	Date	Sheet N^o 32	
	SUB - SYSTEM Close Cooling Pump B	SUB - SYSTEM N^o 7CC-P-100B	Auditor	Date	of 54	
	FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
	1 To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	G Pump leaks excessively at stuffing box	4 Insufficient packing	35 Menyebabkan kebocoran pada pompa sehingga pompa mengalami penurunan kemampuan kerja yang mengakibatkan tekanan pompa menurun. Apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalnya tanda minimum aliran air. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam		

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			33
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	G Pump leaks excessively at stuffing box	5 Damaged mechanical seals	36	<p>Menyebabkan kebocoran pada pompa sehingga pompa mengalami penurunan kemampuan kerja yang mengakibatkan tekanan pompa menurun. Apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalnya tanda minimum aliran air.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			34
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	H High bearing temperature	1 Shaft bent due to misalignment	37	<p>Pompa mengalami penurunan performa yang menyebabkan tekanan menurun dan pompa mengalami vibrasi sehingga terdengar suara bising, selain itu juga dapat merusak coupling, bearing dan juga seal. Hal ini ditandai dengan berkurangnya fluida yang mengalir serta udara masuknya udara yang bisa menyebabkan kavitasi. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam</p> <p>5) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^Ω	Facilitator	Date	Sheet N^Ω
	Close Cooling System	7CC			35
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^Ω	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	H High bearing temperature	2 Excessive vibration	38	<p>Vibrasi berlebih pada pompa dapat menurunkan performa dan efisiensi pompa. Selain itu kerusakan dapat menimbulkan kebisingan dan kerusakan pada bearing dan juga shaft. Menyebabkan berkurangnya fluida yang mengalir yang ditandai dengan menyalnya tanda flow minimum pada pompa.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam</p>

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^Ω	Facilitator	Date	Sheet N ^Ω
		Close Cooling System	7CC			36
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^Ω	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	H High bearing temperature	3 Improper Lubrication	39	<p>Pompa mengalami penurunan performa yang menyebabkan tekanan menurun dan pompa mengalami vibrasi yang ditandai dengan berkurangnya fluida yang mengalir serta udara masuknya udara yang bisa menyebabkan kavitasi. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^Ω	Facilitator	Date	Sheet N ^Ω
		Close Cooling System	7CC			37
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^Ω	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	I Bearing doesn't work (cannot reduce friction between shaft)	1 Lack of lubrication	40	<p>Timbulnya panas merupakan akibat kekurangan pelumasan. Panas menyebabkan perubahan warna pada permukaan bearing, roller dan ball. Pada plain bearing, kekurangan pelumasan akan mengakibatkan goresan, keausan berlebih dan akhirnya akan menyebabkan keseluruhan bagian bearing mengalami kerusakan</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			38
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	I Bearing doesn't work (cannot reduce friction between shaft)	2 Bearing fails due to corrosion	41	<p>Korosi pada bearing dapat menyebabkan vibrasi pada pompa. Vibrasi berlebih pada pompa dapat menurunkan performa dan efisiensi pompa. Selain itu kerusakan dapat menimbulkan kebisingan dan kerusakan pada bearing. Menyebabkan berkurangnya fluida yang mengalir yang ditandai dengan menyalnya tanda flow minimum pada pompa</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			39
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54

FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	I Bearing doesn't work (cannot reduce friction between shaft)	3 Improper bearing installation	42	<p>Pemasangan bearing pada poros yang tidak hati-hati dan tidak sesuai standart yang ditentukan. Kesalahan pada saat pemasangan, diantaranya pemasangan yang terlalu longgar, akibatnya cincin dalam atau cincin luar yang berputar yang menimbulkan gesekan dengan housing/poros, pemasangan yang terlalu erat, akibatnya ventilasi atau celah yang kurang sehingga pada saat berputar suhu bantalan akan cepat meningkat dan terjadi konsentrasi tegangan yang lebih. Terjadi pembenjolan pada jalur jalan atau pada roll sehingga bantalan saat berputar akan tersendat- sendat. Menyebabkan pompa mengalami vibrasi yang ditandai dengan tidak adanya fluida yang mengalir serta udara masuk yang bisa menyebabkan kavitasi. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p>

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			40
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	I Bearing doesn't work (cannot reduce friction between shaft)				2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam
			4 Bearing damage cause by misaligment	43		Terjadi misalignment, dimana kedudukan poros pompa dan penggeraknya tidak lurus, bearing akan mengalami vibrasi tinggi. Pemasangan yang tidak sejajar tersebut akan menimbulkan guncangan pada saat berputar yang dapat merusak bearing. Kemiringan dalam pemasangan bearing juga menjadi faktor kerusakan bearing, karena bearing tidak menumpu poros dengan tidak baik, sehingga timbul getaran yang dapat merusak komponen tersebut. Menyebabkan pompa mengalami vibrasi yang ditandai dengan tidak adanya fluida yang mengalir serta udara masuk yang bisa menyebabkan kavitasi.

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			41
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)			Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas peralatan lainnya terhenti 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam	
		J	The seal doesnt work (cannot prevent fluid leakage or seals leaks)	1	Gasket worn due lack of lubrication

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			42
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	J The seal doesnt work (cannot prevent fluid leakage or seals leaks)			3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya	
					4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya	
			2 Seal not installed correctly	45	5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam	
					Seal tidak dapat menutupi sela-sela komponen sehingga bocor. Seal bocor maka sudah tentu tekanan turun. Apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.	
					Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :	
					1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan	
					2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas peralatan lainnya terhenti	
					3) Tidak ada peningkatan biaya operational yang ditimbulkan	
					4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM Close Cooling System	SYSTEM N^o 7CC	Facilitator	Date	Sheet N^o 43	
	SUB - SYSTEM Close Cooling Pump B	SUB - SYSTEM N^o 7CC-P-100B	Auditor	Date	of 54	
	FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
	1 To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	J The seal doesnt work (cannot prevent fluid leakage or seals leaks)	3 Carbon seal worn due to lack lubrication	46	5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam Kebocoran pada sela -sela gasket, maka sudah tentu tekanan turun. Apabila tekanan turun maka kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			44
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	J The seal doesnt work (cannot prevent fluid leakage or seals leaks)	4 Inlet/Outlet connection loose or no gasket	47	Fluida masuk melewati sela-sela kecil pada komponen. Kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam	
			5 Casing clamp loose	48	Fluida masuk melewati sela-sela kecil pada komponen. Kapasitas fluida yang dipompakan juga menurun. Hal tersebut ditandai dengan menyalanya tanda minimum aliran air.	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			45
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1 To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)			Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam		
	K Not enough pressure	1 Speed too low	49	Kecepatan pompa yang terlalu pelan menyebabkan tekanan pompa menurun sehingga pompa mengalami penurunan performa yang mengakibatkan fluida yang di pompakan berkurang dimana ditandai dengan menyalanya tanda minimum flow. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			46
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
	<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	K Not enough pressure			2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty
					3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya
					4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya
					5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam
			2	Air or gases in liquid	50
					Menyebabkan pompa mengalami vibrasi yang ditandai dengan berkurangnya fluida yang mengalir serta udara atau gas masuk yang bisa menyebabkan kavitasi. Hal tersebut ditandai dengan menyalnya tanda minimum aliran air.
					Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :
					1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan
					2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan
					3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			47
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	K Not enough pressure			4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya	
					5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam	
			3 Impeller diameter comes too small due to dirty	51	Tekanan tidak memenuhi atau tidak sesuai kapasitas yang dibutuhkan sehingga fluida yang di pompakan berkurang yang ditandai dengan menyalanya tanda minimum flow.	
Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :						
1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan						
2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan						
3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya						
4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam						
4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya						

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			48
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	K Not enough pressure	4 Wrong direction of rotation or impeller backwards	52	<p>Kesalahan putaran impeller dapat mengakibatkan tekanan pompa berkurang, penurunan performa dan penurunan efisiensi pompa. Selain itu menyebabkan tidak adanya cooling water yang didistribusikan yang ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			49
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	L Motor electric doesn't work (cannot operate the pump)	1 No power and signal	53	<p>Motor yang mengalami penurunan performa dapat menyebabkan berkurangnya tenaga yang diberikan ke pompa sehingga pompa tidak dapat bekerja maksimal (no efficiency). Tidak ada fluida yang mengalir ditandai dengan adanya tanda minimum flow level yang menyala</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Tidak ada peningkatan biaya operational yang ditimbulkan</p> <p>4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			50
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	L Motor electric doesn't work (cannot operate the pump)	2	Motor fails due to vibration	54	Menyebabkan elemen pompa diantaranya mechanical seal dan bearing rusak yang ditandai dengan pompa tidak menyala sehingga tidak dapat mengalirkan fluida.
			Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :			
						1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan
						2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty
						3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya
						4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya
						5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	L Motor electric doesn't work (cannot operate the pump)	3	Motor corrosion cause by moisture	55	Komponen motor listrik mengalami korosi yang ditandai tidak menyala/tidak berfungsinya motor listrik tersebut.
			Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :			
						1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^Ω	Facilitator	Date	Sheet N ^Ω
		Close Cooling System	7CC			51
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^Ω	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m3/hr)	L Motor electric doesn't work (cannot operate the pump)		2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam		
			4 The area around electric motor is dirty	56 Kerusakan dan korosi akibat kotoran / debu yang menempel pada komponen yang ditandai tidak menyala/berfungsinya motor listrik tersebut. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas peralatan lainnya terhenti 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam		

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			52
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	M Motor electric is overloaded	1	System head is lower than expected, leading to excessive flowrate	57	Air yang di pompakan berlebihan yang ditandai dengan menyalanya tanda maksimum kapasitas air. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :
						1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam
			2	Density or viscosity of the fluid pumped is higher than expected	58	Kerusakan dan kavitasi pada impeller. Menyebabkan pompa mengalami kavitasi dan penurunan tekanan hisap pompa berakibat tidak adanya fluida yang mengalir dan efisiensi pompa berkurang. Hal tersebut ditandai dengan Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			53
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	M Motor electric is overloaded		1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty 3) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya 4) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam		
			3 Speed too high	59 Air yang di pompakan berlebihan yang ditandai dengan menyalanya tanda maksimum kapasitas air. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya		

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			54
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Close Cooling Pump B	7CC-P-100B			54
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To pump cooling water in a closed system with capacity 11000 GPM (2500 m ³ /hr)	M Motor electric is overloaded			4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya	
					5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam	
			4 Operating Voltage is low	60	Air yang di pompakan berkurang yang ditandai dengan menyalnya tanda minimum kapasitas air.	
					Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :	
					1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan	
					2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan	
					3) Production, kerusakan mengakibatkan downtime produksi untuk memperbaikinya	
					4) Meningkatkan biaya maintenance namun tidak ada tambahan biaya operasional lainnya	
					5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam	

LAMPIRAN 5

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS

HEAT EXCHANGER A (7CC-HX-100A)
RCM II INFORMATION WORKSHEET

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM		SYSTEM N^o		Facilitator		Date		Sheet N^o		
	Close Cooling System		7CC						1		
	SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N^o		Auditor		Date		of		
Heat Exchanger A		7CC-HX-100A						8			
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT					
		<i>(Loss of Function)</i>		<i>(Cause of Failure)</i>		<i>(What Happen When It Fails)</i>					
1	To provide correct heat exchange at a desired rate (63.333.770 kJ/hr)		A	Unable to provide any heat exchange	1	Nozzle clogged cause by strainer is dirty		1	Heat exchanger mengalami penurunan kemampuan kerja yang ditandai dengan tidak ada fluida yang mengalir sehingga tidak terjadi adanya proses pertukaran panas pada heat exchanger. Nozzle yang tersumbat dapat merusak nozzle itu sendiri dan juga shell plate pada head nozzle karena tekanan dan kapasitas berlebih akibat fluida yang tertahan.		
						Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :					
						1) Safety and Enviroment, menyebabkan tumpahan fluida dan kerusakan dapat menyebabkan luka berat pada operator					
						2) Operational, kerusakan dapat menyebabkan shell pecah akibat tidak dapat menahan tekanan dan menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang					
						3) Production, pembersihan nozzle yang tersumbat dapat mengakibatkan downtime produksi					

RCM II INFORMATION WORKSHEET		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
© 1996 ALADON LTD		Close Cooling System	7CC			2
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
1	To provide correct heat exchange at a desired rate (63.333.770 kJ/hr)	A Unable to provide any heat	2 Tubes clogged cause by solid or contaminant	4) Meningkatkan biaya operational lainnya akibat pembersihan heat exchanger 5) Untuk membersihkan nozzle yang tersumbat memerlukan waktu selama 4-6 jam	2) Tubes yang kotor/scalling dapat menyebabkan penyumbatan pada tubes. Hal tersebut dapat mengurangi efisiensi proses pertukaran panas dan juga mengurangi aliran air dalam sistem pendingin karena tubes yang kotor memiliki penurunan tekanan yang lebih tinggi. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, menyebabkan tumpahan fluida 2) Operational, penyumbatan dapat merusak tubes tersebut dan mengakibatkan tubes pecah. Selain itu juga menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Peningkatan biaya operational yang ditimbulkan akibat biaya pembersihan tubes	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			3
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Heat Exchanger A	7CC-HX-100A			8
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
1	To provide correct heat exchange at a desired rate (63.333.770 kJ/hr)	A Unable to provide any heat			4) Production, pembersihan tubes yang tersumbat dapat mengakibatkan downtime	
					5) Untuk membersihkan tubes yang tersumbat memerlukan waktu selama 4-6 jam	
			3 Tubes Fouling	3	<p>Tubes fouling dapat menyebabkan aliran fluida rendah sehingga mengakibatkan penurunan efisiensi dari heat exchanger. Kerusakan dapat diidentifikasi dengan adanya warning pada DCS Control room.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operational, fouling dapat merusak tubes tersebut . Selain itu juga menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, pembersihan tubes akibat fouling dapat mengakibatkan downtime produksi</p> <p>4) Peningkatan biaya operational yang ditimbulkan akibat biaya pembersihan tubes</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM		SYSTEM N^o		Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System		7CC				4
	SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N^o		Auditor	Date	of
	Heat Exchanger A		7CC-HX-100A				8
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>		<i>(Cause of Failure)</i>		<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To provide correct heat exchange at a desired rate (63.333.770 kJ/hr)					5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam	
	B	Provide reduce heat exchange	1	Tube leakage	4	<p>Kebocoran menyebabkan kontaminasi atau tekanan berlebih. Kegagalan untuk mempertahankan pemisahan antara perpindahan panas dan cairan proses dapat menyebabkan kerusakan pada tubes</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, repair akibat kerusakan dapat mengakibatkan downtime produksi</p> <p>4) Meningkatkan biaya operational lainnya akibat kebocoran fluida</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
© 1996 ALADON LTD		Close Cooling System	7CC			5
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of	
Heat Exchanger A		7CC-HX-100A			8	
1	To provide correct heat exchange at a desired rate (63.333.770 kJ/hr)	B Provide reduce heat exchange	2 Tubes erosion	5	Pengikisan pada tubes heat exchanger dapat mengakibatkan kerusakan pada material tubes Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas peralatan lainnya terhenti 3) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam	
			3 Tubesheet Corrosion	6	Korosi dapat menyebabkan kerusakan pada material tubesheet dan juga kebocoran fluida. Selain itu korosi juga mengakibatkan menurunnya kemampuan kerja dari heat exchanger sehingga perpindahan panas dan laju aliran fluida berkurang.	

RCM II INFORMATION		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			6
WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Heat Exchanger A	7CC-HX-100A			8
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To provide correct heat exchange at a desired rate (63.333.770 kJ/hr)	B Provide reduce heat exchange	3	Tubesheet Corrosion	6	Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :
						1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan
						2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas peralatan lainnya terhenti
						3) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi
						4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam
			4	Baffle failure	7	Kerusakan baffle dapat menimbulkan kebocoran, dimana kebocoran ini dapat menyebabkan berkurangnya fluida yang mengalir sehingga dapat mengganggu proses jalannya sistem
						Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :
						1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan
						2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas peralatan lainnya terhenti

RCM II INFORMATION	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			7
WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Heat Exchanger A	7CC-HX-100A			8
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To provide correct heat exchange at a desired rate (63.333.770 kJ/hr)	B Provide reduce heat exchange			3) Tidak ada peningkatan biaya operational yang ditimbulkan 4) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam
		C External leakage	1 Shell and Tubes Corrosion	8	Korosi dapat menyebabkan kerusakan pada material tubes dan juga kebocoran fluida. Selain itu korosi juga mengakibatkan menurunnya kemampuan kerja dari heat exchanger sehingga perpindahan panas dan laju aliran fluida berkurang. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas peralatan lainnya terhenti

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			8
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Heat Exchanger A	7CC-HX-100A			8
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
	<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
			3) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam		

LAMPIRAN 5

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS

HEAT EXCHANGER B (7CC-HX-100B)
RCM II INFORMATION WORKSHEET

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM		SYSTEM N ^o		Facilitator		Date		Sheet N ^o	
		Close Cooling System		7CC						1	
		SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N ^o		Auditor		Date		of	
© 1996 ALADON LTD		Heat Exchanger B		7CC-HX-100B						8	
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT					
		<i>(Loss of Function)</i>		<i>(Cause of Failure)</i>		<i>(What Happen When It Fails)</i>					
1	To provide correct heat exchange at a desired rate (63.333.770 kJ/hr)	A	Unable to provide any heat exchange	1	Nozzle clogged cause by strainer is dirty	1	Heat exchanger mengalami penurunan kemampuan kerja yang ditandai dengan tidak ada fluida yang mengalir sehingga tidak terjadi adanya proses pertukaran panas pada heat exchanger. Nozzle yang tersumbat dapat merusak nozzle itu sendiri dan juga shell plate pada head nozzle karena tekanan dan kapasitas berlebih akibat fluida yang tertahan.				
							Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :				
							1) Safety and Enviroment, menyebabkan tumpahan fluida dan kerusakan dapat menyebabkan luka berat pada operator				
							2) Operational, kerusakan dapat menyebabkan shell pecah akibat tidak dapat menahan tekanan dan menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang				
							3) Production, pembersihan nozzle yang tersumbat dapat mengakibatkan downtime produksi				

RCM II INFORMATION WORKSHEET		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
© 1996 ALADON LTD		Close Cooling System	7CC			2
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
1	To provide correct heat exchange at a desired rate (63.333.770 kJ/hr)	A Unable to provide any heat	2 Tubes clogged cause by solid or contaminant	4) Meningkatkan biaya operational lainnya akibat pembersihan heat exchanger 5) Untuk membersihkan nozzle yang tersumbat memerlukan waktu selama 4-6 jam	2 Tubes yang kotor/scalling dapat menyebabkan penyumbatan pada tubes. Hal tersebut dapat mengurangi efisiensi proses pertukaran panas dan juga mengurangi aliran air dalam sistem pendingin karena tubes yang kotor memiliki penurunan tekanan yang lebih tinggi. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, menyebabkan tumpahan fluida 2) Operational, penyumbatan dapat merusak tubes tersebut dan mengakibatkan tubes pecah. Selain itu juga menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Peningkatan biaya operational yang ditimbulkan akibat biaya pembersihan tubes	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			3
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Heat Exchanger B	7CC-HX-100B			8
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
1	To provide correct heat exchange at a desired rate (63.333.770 kJ/hr)	A Unable to provide any heat			4) Production, pembersihan tubes yang tersumbat dapat mengakibatkan downtime	
					5) Untuk membersihkan tubes yang tersumbat memerlukan waktu selama 4-6 jam	
			3 Tubes Fouling	3	<p>Tubes fouling dapat menyebabkan aliran fluida rendah sehingga mengakibatkan penurunan efisiensi dari heat exchanger. Kerusakan dapat diidentifikasi dengan adanya warning pada DCS Control room.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operational, fouling dapat merusak tubes tersebut . Selain itu juga menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan</p> <p>3) Production, pembersihan tubes akibat fouling dapat mengakibatkan downtime produksi</p> <p>4) Peningkatan biaya operational yang ditimbulkan akibat biaya pembersihan tubes</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM		SYSTEM N^o		Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System		7CC				4
	SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N^o		Auditor	Date	of
	Heat Exchanger B		7CC-HX-100B				8
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>		<i>(Cause of Failure)</i>		<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To provide correct heat exchange at a desired rate (63.333.770 kJ/hr)						5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam
	B	Provide reduce heat exchange	1	Tube leakage	4	Kebocoran menyebabkan kontaminasi atau tekanan berlebih. Kegagalan untuk mempertahankan pemisahan antara perpindahan panas dan cairan proses dapat menyebabkan kerusakan pada tubes Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, menyebabkan distribusi cooling water terhenti namun tidak ada financial pinalty yang diberikan 3) Production, repair akibat kerusakan dapat mengakibatkan downtime produksi 4) Meningkatkan biaya operational lainnya akibat kebocoran fluida 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam	

RCM II INFORMATION WORKSHEET		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
© 1996 ALADON LTD		Close Cooling System	7CC			5
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of	
Heat Exchanger B		7CC-HX-100B			8	
1	To provide correct heat exchange at a desired rate (63.333.770 kJ/hr)	B Provide reduce heat exchange	2 Tubes erosion	5	Pengikisan pada tubes heat exchanger dapat mengakibatkan kerusakan pada material tubes Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas peralatan lainnya terhenti 3) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam	
			3 Tubesheet Corrosion	6	Korosi dapat menyebabkan kerusakan pada material tubesheet dan juga kebocoran fluida. Selain itu korosi juga mengakibatkan menurunnya kemampuan kerja dari heat exchanger sehingga perpindahan panas dan laju aliran fluida berkurang.	

RCM II INFORMATION		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
		Close Cooling System	7CC			6
WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Heat Exchanger B	7CC-HX-100B			8
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
1	To provide correct heat exchange at a desired rate (63.333.770 kJ/hr)	B Provide reduce heat exchange	3	Tubesheet Corrosion	6	Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :
						1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan
						2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas peralatan lainnya terhenti
						3) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi
			4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam			
			4	Baffle failure	7	Kerusakan baffle dapat menimbulkan kebocoran, dimana kebocoran ini dapat menyebabkan berkurangnya fluida yang mengalir sehingga dapat mengganggu proses jalannya sistem
						Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :
						1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan
						2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas peralatan lainnya terhenti

RCM II INFORMATION	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			7
WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Heat Exchanger B	7CC-HX-100B			8
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT	
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To provide correct heat exchange at a desired rate (63.333.770 kJ/hr)	B Provide reduce heat exchange			3) Tidak ada peningkatan biaya operational yang ditimbulkan 4) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam
		C External leakage	1 Shell and Tubes Corrosion	8	Korosi dapat menyebabkan kerusakan pada material tubes dan juga kebocoran fluida. Selain itu korosi juga mengakibatkan menurunnya kemampuan kerja dari heat exchanger sehingga perpindahan panas dan laju aliran fluida berkurang. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas peralatan lainnya terhenti

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			8
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Heat Exchanger B	7CC-HX-100B			8
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT		
	<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>		
			3) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi		
			4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam		

LAMPIRAN 5

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS

EXPANSION TANK (7CC-TK-100)
RCM II INFORMATION WORKSHEET

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM		SYSTEM N^o		Facilitator		Date		Sheet N^o	
	Close Cooling System		7CC						1	
	SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N^o		Auditor		Date		of	
	Expansion Tank		7CC-TK-100						10	
FUNCTION			FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT			
			<i>(Loss of Function)</i>		<i>(Cause of Failure)</i>		<i>(What Happen When It Fails)</i>			
1	To accommodate cooling water with capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	A	No fluids at tank	1	Wall/body tank damage	1	<p>Kerusakan pada body tank dapat mengakibatkan tank tidak dapat menampung air pendingin dengan optimal. Tekanan akan meningkat diikuti dengan temperatur yang meningkat pula. Kerusakan dapat diidentifikasi melalui sistem DCS</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan fluida tidak dapat tertampung sehingga kapasitas fluida yang didistribusikan berkurang/tidak optimal</p> <p>3) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi</p> <p>4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4-48 jam</p>			

RCM II INFORMATION WORKSHEET		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
© 1996 ALADON LTD		Close Cooling System	7CC			2
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
1	To accommodate cooling water with capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	A No fluids at tank	2 Supply line piping damage	2	<p>Kebocoran pada aliran cooling water mengakibatkan air tidak dapat terdistribusi ke expansion tank akibatnya tidak ada aliran air di dalam tank. Kerusakan dapat diidentifikasi melalui sistem DCS</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, menimbulkan korosi dan banjir akibat kebocoran</p> <p>2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan fluida tidak dapat tertampung sehingga kapasitas fluida yang didistribusikan berkurang/tidak optimal</p> <p>3) Tidak ada peningkatan biaya operational yang ditimbulkan</p> <p>4) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
© 1996 ALADON LTD		Close Cooling System	7CC			3
WORKSHEET		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Expansion Tank	7CC-TK-100			10
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
1	To accommodate cooling water with capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	A No fluids at tank	3 Supply line piping blockage	3	<p>Penyumbatan pada pipa dapat menyebabkan distribusi air pendingin ke expansion tank menjadi terhambat, akibatnya tekanan dan temperatur pada sistem akan naik. Kerusakan dapat diidentifikasi melalui DCS.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan fluida tidak dapat tertampung sehingga kapasitas fluida yang didistribusikan berkurang/tidak optimal</p> <p>3) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi</p> <p>4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
© 1996 ALADON LTD		Close Cooling System	7CC			4
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of	
Expansion Tank		7CC-TK-100			10	
1	To accommodate cooling water with capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	A No fluids at tank	4 Venthole blocked	4	<p>Penyumbatan mengakibatkan udara tidak dapat keluar sehingga tekanan akan meningkat diikuti dengan temperatur yang meningkat pula. Kerusakan dapat diidentifikasi melalui sistem DCS</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, kebocoran dapat menyebabkan korosi</p> <p>2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan fluida tidak dapat tertampung sehingga kapasitas fluida yang didistribusikan berkurang/tidak optimal</p> <p>3) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi</p> <p>4) Meningkatkan biaya operational lainnya akibat tumpahan fluida</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
© 1996 ALADON LTD		Close Cooling System	7CC			5
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of	
Expansion Tank		7CC-TK-100			10	
1	To accommodate cooling water with capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	B Lower fluids than capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	1 Wall-weld corrosion, cracking and pitting	5	<p>Korosi dapat menyebabkan kerusakan pada tank, dimana korosi ini dapat berdampak pada kebocoran fluida pada tank. Akibatnya kapasitas air menjadi berkurang yang ditandai dengan menyalanya tank level valve.</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, menyebabkan korosi pada alat lainnya dan mengakibatkan banjir</p> <p>2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan fluida tidak dapat tertampung sehingga kapasitas fluida yang didistribusikan berkurang/tidak optimal</p> <p>3) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi</p> <p>4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 48 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			6
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Expansion Tank	7CC-TK-100			10
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1 To accommodate cooling water with capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	B Lower fluids than capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	2 Leakage along supply line piping due to corrosion	6 Korosi dapat menyebabkan kerusakan pada pipa, dimana korosi ini dapat berdampak pada kebocoran fluida pada pipa. Akibatnya kapasitas air menjadi berkurang. Kerusakan dapat dikontrol melalui DCS. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan fluida tidak dapat tertampung sehingga kapasitas fluida yang didistribusikan berkurang/tidak optimal 3) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam		

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			7
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Expansion Tank	7CC-TK-100			10
FUNCTION	FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>		
1 To accommodate cooling water with capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	B Lower fluids than capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	3 Tank bottom failure by corrosion	7 Korosi dapat menyebabkan kerusakan pada tank, dimana korosi ini dapat berdampak pada kebocoran fluida pada tank. Akibatnya kapasitas air menjadi berkurang yang ditandai dengan menyalanya tank level valve. Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, menimbulkan korosi dan banjir akibat kebocoran 2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan fluida tidak dapat tertampung sehingga kapasitas fluida yang didistribusikan berkurang/tidak optimal 3) Tidak ada peningkatan biaya operational yang ditimbulkan 4) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam		

RCM II INFORMATION WORKSHEET		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
© 1996 ALADON LTD		Close Cooling System	7CC			8
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
1	To accommodate cooling water with capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	B Lower fluids than capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	4 Drain valve damage or open	8	<p>Mengakibatkan tekanan akan meningkat diikuti dengan temperatur yang meningkat pula. Kerusakan dapat diidentifikasi melalui sistem DCS</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan fluida tidak dapat tertampung sehingga kapasitas fluida yang didistribusikan berkurang/tidak optimal</p> <p>3) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi</p> <p>4) Meningkatkan biaya operational lainnya akibat fluida tidak terpenuhi</p> <p>5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON	SYSTEM		SYSTEM N^o		Facilitator		Date		Sheet N^o		
	Close Cooling System		7CC						9		
	SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N^o		Auditor		Date		of		
	Expansion Tank		7CC-TK-100						10		
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT					
		<i>(Loss of Function)</i>		<i>(Cause of Failure)</i>		<i>(What Happen When It Fails)</i>					
1	To accommodate cooling water with capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	B	Lower fluids than capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	5	Level control system is not working properly	9	Kerusakan akan menghambat operasi sistem akibat fluida yang mengalir tidak dapat dikendalikan Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, kebocoran dapat menyebabkan korosi 2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan fluida tidak dapat tertampung sehingga kapasitas 3) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak 4) Meningkatkan biaya operational lainnya akibat tumpahan fluida 5) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam				
		C	Upper fluids than capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	1	Level control valve damage	10	Kerusakan akan menghambat operasi sistem akibat fluida yang mengalir tidak dapat dikendalikan Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, menyebabkan korosi pada alat lainnya dan mengakibatkan banjir				

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON	SYSTEM		SYSTEM N^o		Facilitator		Date		Sheet N^o		
	Close Cooling System		7CC						10		
	SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N^o		Auditor		Date		of		
Expansion Tank		7CC-TK-100								10	
FUNCTION			FUNCTIONAL FAILURE		FAILURE MODE		FAILURE EFFECT				
			<i>(Loss of Function)</i>		<i>(Cause of Failure)</i>		<i>(What Happen When It Fails)</i>				
1	To accommodate cooling water with capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)		C	Upper fluids than capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	1	Level control valve damage	10	2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aktivitas peralatan lainnya terhenti			
								3) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi			
								4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 48 jam			

LAMPIRAN 5

FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS

1. CC Water Pump Minimum Flow Valve (7CC-PV-804)
 2. CC Water Expansion Tank Level Valve (7CC-LV-800)
- RCM II INFORMATION WORKSHEET

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			1
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Expansion Tank Level Valve	7CC-LV-800			3

FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>
1	To control of cooling water level in expansion tank at capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	A Unable to control of cooling water level in expansion tank at capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	1 Actuators fail to operate cause damage	1 Kerusakan akan menghambat operasi sistem akibat fluida yang mengalir tidak dapat dikendalikan Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aliran fluida tidak dapat dimonitor 3) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam

RCM II INFORMATION		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
WORKSHEET © 1996 ALADON LTD		Close Cooling System	7CC			2
		SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N ^o	Auditor	Date	of
		Pump Minimum Flow Valve	7CC-PV-804			3
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
1	To control minimum flow on pump at 19.5 cu. m/min (5146 gpm)	A Unable to control minimum flow on pump at 19.5 cu. m/min (5146 gpm)	2 Valve not working properly caused leakage	2	<p>Mengakibatkan valve tidak dapat berfungsi dengan optimal akibat kebocoran yang ditimbulkan sehingga berdampak berkurangnya fluida pada expansion tank atau tidak ada sama sekali</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aliran fluida tidak dapat dimonitor</p> <p>3) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam</p> <p>4) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM		SYSTEM N^o		Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System		7CC				3
	SUB - SYSTEM		SUB - SYSTEM N^o		Auditor	Date	of
	Pump Minimum Flow Valve		7CC-PV-804				3
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>			
1	To control minimum flow on pump at 19.5 cu. m/min (5146 gpm)	B Leaking valve seat	1 Valve is clogged cause by dirty or contaminant	3 Penyumbatan pada valve mengakibatkan valve stuck dan tidak berfungsi secara optimal sehingga berdampak berkurangnya fluida pada expansion tank atau tidak ada sama sekali Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aliran fluida tidak dapat dimonitor 3) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam			

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			1
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Expansion Tank Level Valve	7CC-LV-800			3

FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE	FAILURE MODE	FAILURE EFFECT
		<i>(Loss of Function)</i>	<i>(Cause of Failure)</i>	<i>(What Happen When It Fails)</i>
1	To control of cooling water level in expansion tank at capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	A Unable to control of cooling water level in expansion tank at capacity 3.8 cu. meters (1000 gal)	1 Actuators fail to operate cause damage	1 Kerusakan akan menghambat operasi sistem akibat fluida yang mengalir tidak dapat dikendalikan Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aliran fluida tidak dapat dimonitor 3) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 10 jam

RCM II INFORMATION WORKSHEET		SYSTEM	SYSTEM N ^o	Facilitator	Date	Sheet N ^o
© 1996 ALADON LTD		Close Cooling System	7CC			2
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE (Loss of Function)	FAILURE MODE (Cause of Failure)	FAILURE EFFECT (What Happen When It Fails)		
1	To control minimum flow on pump at 19.5 cu. m/min (5146 gpm)	A Unable to control minimum flow on pump at 19.5 cu. m/min (5146 gpm)	2 Valve not working properly caused leakage	2	<p>Mengakibatkan valve tidak dapat berfungsi dengan optimal akibat kebocoran yang ditimbulkan sehingga berdampak berkurangnya fluida pada expansion tank atau tidak ada sama sekali</p> <p>Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan :</p> <p>1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan</p> <p>2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aliran fluida tidak dapat dimonitor</p> <p>3) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam</p> <p>4) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi</p>	

RCM II INFORMATION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD	SYSTEM	SYSTEM N^o	Facilitator	Date	Sheet N^o
	Close Cooling System	7CC			3
	SUB - SYSTEM	SUB - SYSTEM N^o	Auditor	Date	of
	Expansion Tank Level Valve	7CC-LV-800			3
FUNCTION		FUNCTIONAL FAILURE <i>(Loss of Function)</i>	FAILURE MODE <i>(Cause of Failure)</i>	FAILURE EFFECT <i>(What Happen When It Fails)</i>	
1	To control minimum flow on pump at 19.5 cu. m/min (5146 gpm)	B Leaking valve seat	1 Valve is clogged cause by dirty or contaminant	3 Penyumbatan pada valve mengakibatkan valve stuck dan tidak berfungsi secara optimal sehingga berdampak berkurangnya fluida pada expansion tank atau tidak ada sama sekali Berikut analisa failure effect yang ditimbulkan : 1) Safety and Enviroment, tidak ada efek keselamatan dan lingkungan yang ditimbulkan 2) Operation, kerusakan dapat menyebabkan aliran fluida tidak dapat dimonitor 3) Production, dapat mempengaruhi kualitas produksi yang dihasilkan akibat cooling water untuk equipment penunjang produksi tidak terdistribusi 4) Untuk memperbaiki kerusakan memerlukan waktu selama 4 jam	

LAMPIRAN 6

(LOGIC TREE ANALYSIS DAN MAINTENANCE TASK)

**CLOSE COOLING PUMP A (7CC-P-100A)
RCM II DECISION WORKSHEET**

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM					SYSTEM N ^o					Facilitator			Date	Sheet N ^o	
			Close Cooling System					7CC									1	
			SUB-SYSTEM					SUB-SYSTEM N ^o					Auditor			Date	of	
			Close Cooling A					7CC-P-100A									4	
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task			Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3									
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4						
1	1	A	1	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Daily	Mechanic	
2	1	A	2	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Monthly	Mechanic	
3	1	A	3	Y	N	N	Y	N	Y				Schedule restoration task			Annually	Mechanic	
4	1	B	1	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Daily	Mechanic	
5	1	B	2	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Weekly	Mechanic	
6	1	B	3	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Monthly	Mechanic	
7	1	B	4	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Daily	Mechanic	
8	1	B	5	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Weekly	Mechanic	
9	1	B	6	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Weekly	Mechanic	
10	1	B	7	Y	N	N	Y	N	N	N			No Scheduled Maintenance					
11	1	B	8	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			2 Weeks	Mechanic	
12	1	C	1	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Daily	Mechanic	
13	1	C	2	Y	N	N	Y	N	N	Y			Schedule discard task			Annually	Mechanic	
14	1	C	3	Y	N	N	Y	N	Y				Schedule restoration task			Annually	Mechanic	
15	1	C	4	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Weekly	Mechanic	
16	1	C	5	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Monthly	Mechanic	
17	1	C	6	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Daily	Mechanic	
18	1	C	7	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			2 Weeks	Mechanic	

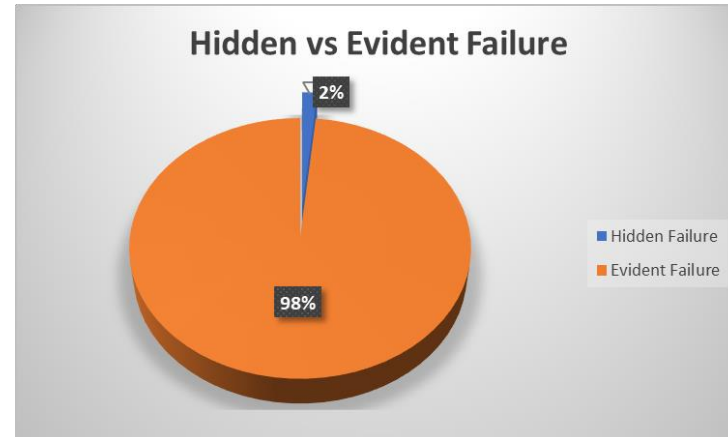
RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^Ω				Facilitator	Date	Sheet N ^Ω	
			Close Cooling System							7CC						2	
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^Ω				Auditor	Date	of	
			Close Cooling A							7CC-P-100A						4	
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task	Initial Interval	Can be done by	
							S1	S2	S3								
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	N1	N2	N3	H4	H5	S4		
19	1	C	8	Y	N	N	Y	Y							Schedule On-Condition Task	Weekly	Mechanic
20	1	C	9	Y	N	N	Y	Y							Schedule On-Condition Task	Weekly	Mechanic
21	1	D	1	Y	N	N	Y	Y							Schedule On-Condition Task	Monthly	Mechanic
22	1	D	2	N					N	N	N	Y			Schedule Failure Finding Task	6 Months	Mechanic
23	1	E	1	Y	N	N	Y	Y							Schedule On-Condition Task	2 Weeks	Mechanic
24	1	E	2	Y	N	N	Y	N	N	Y					Schedule discard task	Annually	Mechanic
25	1	E	3	Y	N	N	Y	Y							Schedule On-Condition Task	Annually	Mechanic
26	1	E	4	Y	N	N	Y	Y							Schedule On-Condition Task	3 Months	Mechanic
27	1	E	5	Y	N	N	Y	N	Y						Schedule restoration Task	Annually	Mechanic
28	1	E	6	Y	N	N	Y	Y							Schedule On-Condition Task	Daily	Mechanic
29	1	E	7	Y	N	N	Y	N	Y						Schedule restoration Task	Annually	Mechanic
30	1	F	1	Y	N	N	Y	Y							Schedule On-Condition Task	Weekly	Mechanic
31	1	F	2	Y	N	N	Y	Y							Schedule On-Condition Task	Weekly	Mechanic
32	1	F	3	Y	N	N	Y	Y							Schedule On-Condition Task	Monthly	Mechanic
33	1	F	4	Y	N	N	Y	Y							Schedule On-Condition Task	Monthly	Mechanic
34	1	F	5	Y	N	N	Y	N	N	Y					Schedule discard task	3 Months	Mechanic
35	1	G	1	Y	N	N	Y	N	N	Y					Schedule discard task	3 Months	Mechanic
36	1	G	2	Y	N	N	Y	N	N	Y					Schedule discard task	3 Months	Mechanic

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o				Facilitator			Date	Sheet N ^o
			Close Cooling System							7CC								3
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o				Auditor			Date	of
			Close Cooling A							7CC-P-100A								4
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task			Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3									
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4						
37	1	G	3	Y	N	N	Y	N	Y				Schedule restoration task			Annually	Mechanic	
38	1	G	4	Y	N	N	Y	N	N	Y			Schedule discard task			3 Months	Mechanic	
39	1	G	5	Y	N	N	Y	N	Y				Schedule restoration task			3 Months	Mechanic	
40	1	H	1	Y	N	N	Y	N	Y				Schedule restoration task			Annually	Mechanic	
41	1	H	2	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			3 Months	Mechanic	
42	1	H	3	Y	N	N	Y	N	N	Y			Schedule discard task			3 Months	Mechanic	
43	1	I	1	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Daily	Mechanic	
44	1	I	2	Y	N	N	Y	N	Y				Schedule restoration task			Annually	Mechanic	
45	1	I	3	Y	N	N	Y	N	N	Y			Schedule discard task			3 Months	Mechanic	
46	1	I	4	Y	N	N	Y	N	Y				Schedule restoration task			3 Months	Mechanic	
47	1	J	1	Y	N	N	Y	N	N	Y			Schedule discard task			3 Months	Mechanic	
48	1	J	2	Y	N	N	Y	N	Y				Schedule restoration task			3 Months	Mechanic	
49	1	J	3	Y	N	N	Y	N	Y				Schedule restoration task			3 Months	Mechanic	
50	1	J	4	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Daily	Mechanic	
51	1	J	5	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Daily	Mechanic	
52	1	K	1	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Daily	Mechanic	
53	1	K	2	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			2 Weeks	Mechanic	
54	1	K	3	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Monthly	Mechanic	

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator			Date	Sheet N ^o	
			Close Cooling System							7CC							4	
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor			Date	of	
			Close Cooling A							7CC-P-100A							4	
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task			Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3									
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4						
55	1	K	4	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Daily	Mechanic	
56	1	L	1	Y	N	N	Y	N	N	N			No Scheduled Maintenance					
57	1	L	2	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Monthly	Mechanic	
58	1	L	3	Y	N	N	Y	N	Y				Schedule restoration task			Annually	Mechanic	
59	1	L	4	Y	N	N	Y	N	N	N			No Scheduled Maintenance					
60	1	M	1	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Monthly	Mechanic	
61	1	M	2	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Monthly	Mechanic	
62	1	M	3	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Monthly	Mechanic	
63	1	M	4	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Monthly	Mechanic	

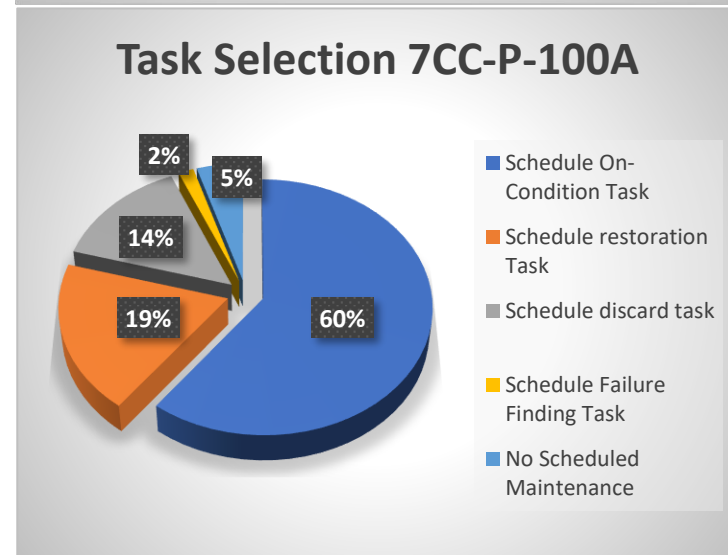
Hidden Failure	:	1	2.00%
Evident Failure	:	62	98.00%
Jumlah Failure Mode	:	63	100.00%

Grafik 1. Hidden Vs Evident Failure



Schedule On-Condition Task	:	38	60.32%
Schedule restoration Task	:	12	19.05%
Schedule discard task	:	9	14.29%
Schedule Failure Finding Task	:	1	1.59%
No Scheduled Maintenance	:	3	4.76%
Jumlah Maintenance Task	:	63	100.00%

Grafik 2. Task Selection 7CC-P-100A



RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator		Date	Sheet N ^o	
			Close Cooling System							7CC						1	
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor		Date	of	
			Close Cooling A							7CC-P-100A						10	
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task		Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3								
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4					
1	1	A	1	Y	N	N	Y	Y					Check condition of motor pump (Circuit breaker, fuse and starter)		Daily	Mechanic	
2	1	A	2	Y	N	N	Y	Y					Check impeller for locked and fix it		Monthly	Mechanic	
													Backwash or use chemical treatment to clean				
3	1	A	3	Y	N	N	Y	N	Y				Check and inspect condition of corrosion and repair if necessary		Annually	Mechanic	
4	1	B	1	Y	N	N	Y	Y					Check and inspect condition of pump for priming and fix it		Daily	Mechanic	
													Check for proper pump submergence				
													Check the pressure in (suction and discharge) and vent well to atmosphere to eliminate vacuum at pump				

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator		Date	Sheet N ^o	
			Close Cooling System							7CC						2	
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor		Date	of	
			Close Cooling A							7CC-P-100A						10	
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task		Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3								
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
5	1	B	2	Y	N	N	Y	Y					Check the suction line for Backwash or use chemical treatment to clean		Weekly	Mechanic	
													Check and measure the pressure then fix it				
6	1	B	3	Y	N	N	Y	Y					Check and inspect condition of impeller for clogged and clean it		Monthly	Mechanic	
7	1	B	4	Y	N	N	Y	Y					Check for switched power leads and make it sure that the rotation is right		Daily	Mechanic	
8	1	B	5	Y	N	N	Y	Y					Check for mechanical seal leaks and fix it		Weekly	Mechanic	
													Check condition of oil and grease seals				
9	1	B	6	Y	N	N	Y	Y					Check the suction line for air leaks and fix it		Weekly	Mechanic	
													Check and measure the pressure		Daily		
10	1	B	7	Y	N	N	Y	N	N	N			No Scheduled Maintenance				

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^Ω			Facilitator	Date	Sheet N ^Ω	
			Close Cooling System							7CC					3	
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^Ω			Auditor	Date	of	
			Close Cooling A							7CC-P-100A					10	
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
11	1	B	8	Y	N	N	Y	Y					Check for switched power leads		Weekly	Mechanic
													Make sure that shafts are lubricated and fix it			
12	1	C	1	Y	N	N	Y	Y					Check and inspect condition of pump for priming and fix it		Daily	Mechanic
													Check for proper pump submergence			
													Check the pressure and vent well to atmosphere to eliminate vacuum at pump suction			
13	1	C	2	Y	N	N	Y	N	N	Y			Repair or replace impellers as necessary		Annually	Mechanic
14	1	C	3	Y	N	N	Y	N	Y				Repair or replace impellers as necessary to maintain the close clearance required for pump efficiency		Annually	Mechanic
15	1	C	4	Y	N	N	Y	Y					Check for mechanical seal leaks and fix it		Weekly	Mechanic

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator	Date	Sheet N ^o	
			Close Cooling System							7CC					4	
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor	Date	of	
			Close Cooling A							7CC-P-100A					10	
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
15	1	C	4	Y	N	N	Y	Y					Check condition of oil and grease seals	Weekly	Mechanic	
16	1	C	5	Y	N	N	Y	Y					Check and inspect condition of impeller for blocked and clean it (Backwash)	Monthly	Mechanic	
17	1	C	6	Y	N	N	Y	Y					Check power supply voltage and frequency	Daily	Mechanic	
													Check for excessive bearing friction and impeller corrosion or obstruction	3 Months	Mechanic	
18	1	C	7	Y	N	N	Y	Y					Check and inspect condition of suction for blockage and clean it	2 Weeks	Mechanic	
19	1	C	8	Y	N	N	Y	Y					Check and inspect condition of suction and fix it	Weekly	Mechanic	
20	1	C	9	Y	N	N	Y	Y					Check the suction line for air leaks and fix it	Weekly	Mechanic	
													Check and measure the pressure	Daily	Mechanic	
21	1	D	1	Y	N	N	Y	Y					Check the control and monitoring then fix it	Monthly	Mechanic	

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o				Facilitator	Date	Sheet N ^o
			Close Cooling System							7CC						5
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o				Auditor	Date	of
			Close Cooling A							7CC-P-100A						10
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
22	1	D	2	N			N	N	N	Y			(Refers to Workpackage for detail)	6 Months	Mechanic	
23	1	E	1	Y	N	N	Y	Y					Check and inspect condition of suction for blockage and clean it	2 Weeks	Mechanic	
24	2	E	2	Y	N	N	Y	Y	N	Y			Repair or replace bearing as necessary	Annually	Mechanic	
25	1	E	3	Y	N	N	Y	Y					Check and inspect the condition of rotor and fix it	Annually	Mechanic	
26	1	E	4	Y	N	N	Y	Y					Check for the coupling alignment and fix it	3 Months	Mechanic	
													Check for angular misalignment with a thickness or feeler gauge inserted at the same four places to make sure that the space between the coupling halves is equal at all points			
27	1	E	5	Y	N	N	Y	N	Y				Replace or repair for shaft as necessary	Annually	Mechanic	

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o				Facilitator	Date	Sheet N ^o
			Close Cooling System							7CC						6
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o				Auditor	Date	of
			Close Cooling A							7CC-P-100A						10
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
28	1	E	6	Y	N	N	Y	Y						Check and inspect for pump cavitation and fix it	Daily	Mechanic
29	1	E	7	Y	N	N	Y	N	Y					Replace or repair for worn bearings and parts	Annually	Mechanic
30	1	F	1	Y	N	N	Y	Y						Check the suction line for leaks and fix it	Weekly	Mechanic
														Check and measure the pressure	Daily	Mechanic
31	1	E	7	Y	N	N	Y	Y						Check the suction line for air leaks and fix it	Weekly	Mechanic
31	1	F	2	Y	N	N	Y	Y						Check and measure the pressure	Daily	Mechanic
32	1	F	3	Y	N	N	Y	Y						Check impeller for locked and fix	Monthly	Mechanic
33	1	F	4	Y	N	N	Y	Y						Check and inspect condition of impeller for clogged and clean it	Monthly	Mechanic
34	1	F	5	Y	N	N	Y	N	N	Y				Replace or repair for casing gasket as necessary	3 Months	Mechanic
35	1	G	1	Y	N	N	Y	N	N	Y				Check packing for excessive leakage and adjust and/or replace	3 Months	Mechanic
														Adjust or replace packing or damaged parts		

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator			Date		Sheet N ^o		
			Close Cooling System							7CC								7		
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor			Date		of		
			Close Cooling A							7CC-P-100A								10		
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task			Initial Interval		Can be done by	
							S1	S2	S3											
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
36	1	G	2	Y	N	N	Y	N	N	Y						Check packing for excessive leakage and adjust and/or replace	3 Months	Mechanic		
37	1	G	3	Y	N	N	Y	N	Y							Replace for the shaft as necessary	Annually	Mechanic		
38	1	G	4	Y	N	N	Y	N	N	Y						Check the packing assembly and repack as	3 Months	Mechanic		
39	1	G	5	Y	N	N	Y	N	Y							Repair or replace for damage mechanical seal as necessary	3 Months	Mechanic		
																Check and correct worn or damaged seals				
40	1	H	1	Y	N	N	Y	N	Y							Replace or repair for shaft as necessary	Annually	Mechanic		
41	1	H	2	Y	N	N	Y	Y								Check for excessive bearing vibration then fix it	3 Months	Mechanic		
																Checked or recorded condition of bearing by sound and temperature				
42	1	H	3	Y	N	N	Y	N	N	Y						Change the lubrication refer to the manufacturer's manual for proper lubricants	3 Months	Mechanic		

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator	Date	Sheet N ^o	
			Close Cooling System							7CC					8	
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor	Date	of	
			Close Cooling A							7CC-P-100A					10	
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
43	1	I	1	Y	N	N	Y	Y					Check the condition then lubricate the bearings	Daily	Mechanic	
													Checked or recorded bearing lubricant (for water contamination and sediments)	3 Months	Mechanic	
44	1	I	2	Y	N	N	Y	N	Y				Repair or replace any corrosion parts	Annually	Mechanic	
45	1	I	3	Y	N	N	Y	N	N	Y			Repair and re-installation for bearing refer to the manufacturer's manual	3 Months	Mechanic	
46	1	I	4	Y	N	N	Y	N	Y				Check alignment and correct as required	3 Months	Mechanic	
47	1	J	1	Y	N	N	Y	N	N	Y			Repair or replace for gasket damage then lubricate gasket assembly as required	3 Months	Mechanic	
48	1	J	2	Y	N	N	Y	N	Y				Repair and re-installation for seal correctly	3 Months	Mechanic	

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator		Date	Sheet N ^o
			Close Cooling System							7CC						9
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor		Date	of
			Close Cooling A							7CC-P-100A						10
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
49	1	J	3	Y	N	N	Y	N	Y				Repair or replace for seal damage then lubricate seal assembly as required	3 Months	Mechanic	
													Check oil level or replace oil seals			
50	1	J	4	Y	N	N	Y	Y					Check the inlet/outlet connection then fix it	Daily	Mechanic	
51	1	J	5	Y	N	N	Y	Y					Check the casing clamp then fix it	Daily	Mechanic	
52	1	K	1	Y	N	N	Y	Y					Check power supply voltage and frequency	Daily	Mechanic	
53	1	K	2	Y	N	N	Y	Y					Check suction line for air/gas in liquid and fix it	2 Weeks	Mechanic	
54	1	K	3	Y	N	N	Y	Y					Check and inspection impeller then fix it	Annually	Mechanic	
55	1	K	4	Y	N	N	Y	Y					Check for switched power leads and make it sure that the rotation is right	Daily	Mechanic	
56	1	L	1	Y	N	N	Y	N	N	N			No Scheduled Maintenance			

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator	Date	Sheet N ^o	
			Close Cooling System							7CC					10	
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor	Date	of	
			Close Cooling A							7CC-P-100A					10	
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
57	1	L	2	Y	N	N	Y	Y					Check for vibration of motor then fix it	Monthly	Mechanic	
58	1	L	3	Y	N	N	Y	N	Y				Check and inspect condition of corrosion and repair if necessary	Annually	Mechanic	
59	1	L	4	Y	N	N	Y	N	N	N			No Scheduled Maintenance			
60	1	M	1	Y	N	N	Y	Y					Check regularly for these unusual conditions	Monthly	Mechanic	
61	1	M	2	Y	N	N	Y	Y					Check regularly for these unusual conditions	Monthly	Mechanic	
62	1	M	3	Y	N	N	Y	Y					Check regularly for these unusual conditions	Monthly	Mechanic	
63	1	M	4	Y	N	N	Y	Y					Check regularly for these unusual conditions	Monthly	Mechanic	

LAMPIRAN 6

(LOGIC TREE ANALYSIS DAN MAINTENANCE TASK)

**CLOSE COOLING PUMP B (7CC-P-100B)
RCM II DECISION WORKSHEET**

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator		Date	Sheet N ^o		
			Close Cooling System							7CC						1		
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor		Date	of		
			Close Cooling B							7CC-P-100B						4		
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task		Initial Interval	Can be done by	
							S1	S2	S3									
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	1	A	1	Y	N	N	Y	Y								Schedule On-Condition Task	Daily	Mechanic
2	1	A	2	N				Y								Schedule On-Condition Task	Weekly	Mechanic
3	1	A	3	N				Y								Schedule On-Condition Task	Monthly	Mechanic
4	1	A	4	Y	N	N	Y	Y								Schedule On-Condition Task	Daily	Mechanic
5	1	A	5	N				Y								Schedule On-Condition Task	Weekly	Mechanic
6	1	A	6	Y	N	N	Y	Y								Schedule On-Condition Task	Weekly	Mechanic
7	1	A	7	Y	N	N	Y	N	N	N						No Scheduled Maintenance		
8	1	A	8	Y	N	N	Y	Y								Schedule On-Condition Task	2 Weeks	Mechanic
9	1	B	1	Y	N	N	Y	Y								Schedule On-Condition Task	Daily	Mechanic
10	1	B	2	N				N	N	Y						Schedule discard task	Annually	Mechanic
11	1	B	3	N				N	Y							Schedule restoration task	Annually	Mechanic
12	1	B	4	N				Y								Schedule On-Condition Task	Weekly	Mechanic
13	1	B	5	N				Y								Schedule On-Condition Task	Monthly	Mechanic
14	1	B	6	Y	N	N	Y	Y								Schedule On-Condition Task	Daily	Mechanic
15	1	B	7	N				Y								Schedule On-Condition Task	2 Weeks	Mechanic
16	1	B	8	Y	N	N	Y	Y								Schedule On-Condition Task	Weekly	Mechanic
17	1	B	9	Y	N	N	Y	Y								Schedule On-Condition Task	Weekly	Mechanic
18	1	C	1	N				N	N	N	Y					Schedule Failure Finding Task	6 Months	Mechanic

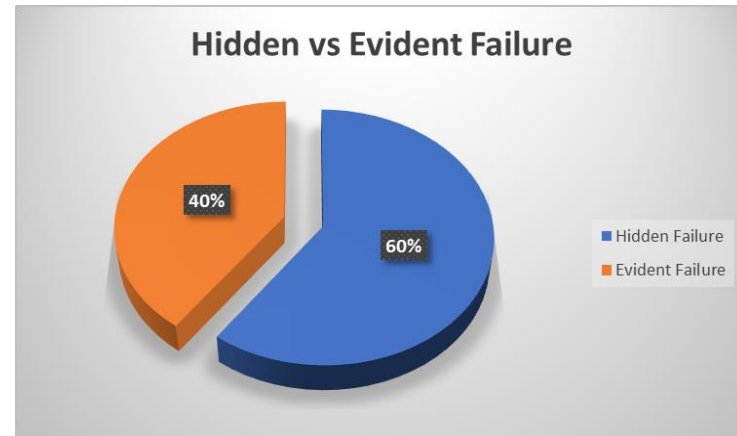
RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator		Date	Sheet N ^o
			Close Cooling System							7CC						2
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor		Date	of
			Close Cooling B							7CC-P-100B						4
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
19	1	C	2	N			N	N	N	Y			Schedule Failure Finding Task	6 Months	Mechanic	
20	1	D	1	N			Y						Schedule On-Condition Task	2 Weeks	Mechanic	
21	1	D	2	N			N	N	Y				Schedule discard task	Annually	Mechanic	
22	1	D	3	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task	Annually	Mechanic	
23	1	D	4	N			Y						Schedule On-Condition Task	3 Months	Mechanic	
24	1	D	5	N			N	Y					Schedule restoration Task	Annually	Mechanic	
25	1	D	6	N			Y						Schedule On-Condition Task	Daily	Mechanic	
26	1	D	7	N			N	Y					Schedule restoration Task	Annually	Mechanic	
27	1	E	1	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task	Weekly	Mechanic	
28	1	E	2	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task	Weekly	Mechanic	
29	1	E	3	N			Y						Schedule On-Condition Task	Monthly	Mechanic	
30	1	E	4	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task	Monthly	Mechanic	
31	1	E	5	Y	N	N	Y	N	N	Y			Schedule discard task	3 Months	Mechanic	
32	1	F	1	N			N	N	Y				Schedule discard task	3 Months	Mechanic	
33	1	F	2	N			N	N	Y				Schedule discard task	3 Months	Mechanic	
34	1	F	3	N			N	Y					Schedule restoration task	Annually	Mechanic	
35	1	F	4	N			N	N	Y				Schedule discard task	3 Months	Mechanic	
36	1	F	5	N			N	Y					Schedule restoration task	3 Months	Mechanic	
37	1	G	1	N			N	Y					Schedule restoration task	Annually	Mechanic	

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator	Date	Sheet N ^o	
			Close Cooling System							7CC					3	
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor	Date	of	
			Close Cooling B							7CC-P-100B					4	
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
38	1	G	2	N			Y						Schedule On-Condition Task	3 Months	Mechanic	
39	1	G	3	N			N	N	Y				Schedule discard task	3 Months	Mechanic	
40	1	H	1	N			Y						Schedule On-Condition Task	Daily	Mechanic	
41	1	H	2	N			N	Y					Schedule restoration task	Annually	Mechanic	
42	1	H	3	N			N	N	Y				Schedule discard task	3 Months	Mechanic	
43	1	H	4	N			N	Y					Schedule restoration task	3 Months	Mechanic	
44	1	I	1	N			N	N	Y				Schedule discard task	3 Months	Mechanic	
45	1	I	2	N			N	Y					Schedule restoration task	3 Months	Mechanic	
46	1	I	3	N			N	Y					Schedule restoration task	3 Months	Mechanic	
47	1	I	4	N			Y						Schedule On-Condition Task	Daily	Mechanic	
48	1	I	5	N			Y						Schedule On-Condition Task	Daily	Mechanic	
49	1	J	1	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task	Daily	Mechanic	
50	1	J	2	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task	2 Weeks	Mechanic	
51	1	J	3	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task	Monthly	Mechanic	
52	1	J	4	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task	Daily	Mechanic	
53	1	K	1	Y	N	N	Y	N	N	N			No Scheduled Maintenance			
54	1	K	2	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task	Monthly	Mechanic	
55	1	K	3	N			N	Y					Schedule restoration task	Annually		
56	1	K	4	Y	N	N	Y	N	N	N			No Scheduled Maintenance			

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator	Date	Sheet N ^o	
			Close Cooling System							7CC					4	
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor	Date	of	
			Close Cooling B							7CC-P-100B					4	
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
57	1	L	1	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task	Monthly	Mechanic	
58	1	L	2	N			Y						Schedule On-Condition Task	Monthly	Mechanic	
59	1	L	3	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task	Monthly	Mechanic	
60	1	L	4	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task	Monthly	Mechanic	

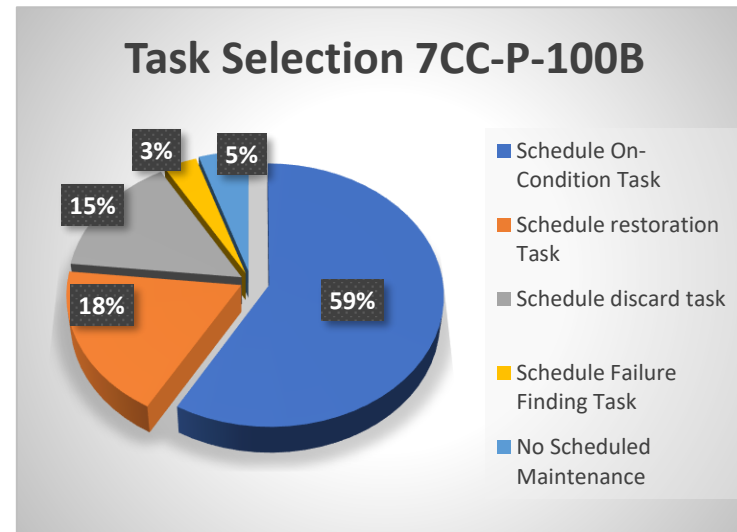
Hidden Failure	:	36	60.00%
Evident Failure	:	24	40.00%
Jumlah Failure Mode	:	60	100.00%

Gambar 1. Hidden Vs Evident Failure



Schedule On-Condition Task	:	35	58.33%
Schedule restoration Task	:	11	18.33%
Schedule discard task	:	9	15.00%
Schedule Failure Finding Task	:	2	3.33%
No Scheduled Maintenance	:	3	5.00%
Jumlah Maintenance Task	:	60	100.00%

Gambar 1. task Selection 7CC-P-100B



RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o					Facilitator	Date	Sheet N ^o
			Close Cooling System							7CC							1
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o					Auditor	Date	of
			Close Cooling B							7CC-P-100B							5
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task			Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3								
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4					
1	1	A	1	Y	N	N	Y	Y						Check and inspect condition of pump for priming and fix it	Daily	Mechanic	
												Check for proper pump submergence					
												Check the pressure and vent well to atmosphere to eliminate vacuum at pump suction					
2	1	A	2	N				Y					Check the suction line for clogged	Weekly	Mechanic		
												Backwash or use chemical treatment to clean					
3	1	A	3	N				Y					Check and inspect condition of impeller for clogged and clean it	Monthly	Mechanic		
4	1	A	4	Y	N	N	Y	Y					Check for switched power leads and make it sure that the rotation is right	Daily	Mechanic		
5	1	A	5	N				Y					Check for mechanical seal leaks and fix it	Weekly	Mechanic		
												Check condition of oil and grease seals					
6	1	A	6	Y	N	N	Y	Y					Check the suction line for air leaks and fix it	Weekly Daily	Mechanic		
												Check and measure the pressure					
7	1	A	7	Y	N	N	Y	N	N	N			No Scheduled Maintenance				
8	1	A	8	Y	N	N	Y	Y					Check for switched power leads	2 Weeks	Mechanic		
												Make sure that shafts are lubricated and fix it					
9	1	B	1	Y	N	N	Y	Y					Check and inspect condition of pump for priming and fix it	Daily	Mechanic		
												Check for proper pump submergence					
												Check the pressure and vent well to atmosphere to eliminate vacuum at pump suction					
10	1	B	2	N				N	N	Y			Repair or replace impellers as necessary	Annually	Mechanic		

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM				SYSTEM N ^o				Facilitator			Date	Sheet N ^o			
			Close Cooling System				7CC								2			
			SUB-SYSTEM				SUB-SYSTEM N ^o				Auditor			Date	of			
			Close Cooling B				7CC-P-100B								5			
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Initial Interval	Can be done by			
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	O1	O2	O3				H4	H5	S4
11	1	B	3	N			N	Y								Repair or replace impellers as necessary to maintain the close clearance required for pump	Annually	Mechanic
12	1	B	4	N			Y									Check for mechanical seal leaks and fix it Check condition of oil and grease seals	Weekly	Mechanic
13	1	B	5	N			Y									Check and inspect condition of impeller for clogged and clean it (Backwash)	Monthly	Mechanic
14	1	B	6	Y	N	N	Y	Y								Check power supply voltage and frequency Check for excessive bearing friction and impeller corrosion or obstruction	Daily 3 Months	Mechanic
15	1	B	7	N			Y									Check and inspect condition of suction for blockage and clean it	2 Weeks	Mechanic
16	1	B	8	Y	N	N	Y	Y								Check and inspect condition of suction and fix it	Weekly	Mechanic
17	1	B	9	Y	N	N	Y	Y								Check the suction line for air leaks and fix it Check and measure the pressure	Weekly Daily	Mechanic
18	1	C	1	N			N	N	N	Y						Check the control and monitoring then fix it	6 Months	Mechanic
19	1	C	2	N			N	N	N	Y						Repair or replace relief valve as necessary	6 Months	Mechanic
20	1	D	1	N			Y									Check and inspect condition of suction for blockage and clean it	2 Weeks	Mechanic
21	1	D	2	N			N	N	Y							Repair or replace bearing as necessary	Annually	Mechanic
22	1	D	3	Y	N	N	Y	Y								Check and inspect the condition of rotor and fix it	Annually	Mechanic
23	1	D	4	N			Y									Check for the coupling alignment and fix it Check for angular misalignment with a thickness or feeler gauge inserted at the same four places to make sure that the space between the coupling halves is equal at all points	3 Months	Mechanic
24	1	D	5	N			N	Y								Replace or repair for shaft as necessary	Annually	Mechanic

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o					Facilitator			Date	Sheet N ^o
			Close Cooling System							7CC									3
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o					Auditor			Date	of
			Close Cooling B							7CC-P-100B									5
Information reference			Consequence Evaluation				H1 H2 H3			Default Action			Proposed Task			Initial Interval	Can be done by		
							S1	S2	S3										
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4							
25	1	D	6	N			Y						Check and inspect for pump cavitation and fix it	Daily	Mechanic				
26	1	D	7	N			N	Y					Replace or repair for worn bearings and parts	Annually	Mechanic				
27	1	E	1	Y	N	N	Y	Y					Check the suction line for leaks and fix it	Weekly	Mechanic				
													Check and measure the pressure	Daily	Mechanic				
28	1	E	2	Y	N	N	Y	Y					Check the suction line for air leaks and fix it	Weekly	Mechanic				
													Check and measure the pressure	Daily	Mechanic				
29	1	E	3	N			Y						Check the suction line for air/gas in liquid and fix it	2 Weeks	Mechanic				
30	1	E	4	Y	N	N	Y	Y					Check and inspect condition of impeller for clogged and clean it	3 Months	Mechanic				
31	1	E	5	Y	N	N	Y	N	N	Y			Replace or repair for casing gasket as necessary	3 Months	Mechanic				
32	1	F	1	N				N	N	Y			Check packing for excessive leakage and adjust and/or replace	3 Months	Mechanic				
													Adjust or replace packing or damaged parts						
33	1	F	2	N				N	N	Y			Check packing for excessive leakage and adjust and/or replace	3 Months	Mechanic				
34	1	F	3	N				N	Y				Replace for the shaft as necessary	Annually	Mechanic				
35	1	F	4	N				N	N	Y			Check the packing assembly and repack as necessary	3 Months	Mechanic				
36	1	F	5	N				N	Y				Repair or replace for damage mechanical seal as necessary	3 Months	Mechanic				
													Check and correct worn or damaged seals						
37	1	G	1	N				N	Y				Replace or repair for shaft as necessary	Annually	Mechanic				
38	1	G	2	N				Y					Check for excessive bearing vibration then fix it	3 Months	Mechanic				
													Checked or recorded condition of bearing by sound and temperature						

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM				SYSTEM N ^Ω				Facilitator			Date	Sheet N ^Ω				
			Close Cooling System				7CC								4				
Information reference			Consequence Evaluation				SUB-SYSTEM			SUB-SYSTEM N ^Ω			Auditor		Date	of			
							Close Cooling B			7CC-P-100B							5		
							H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task			Initial Interval		Can be done by	
							S1	S2	S3										
							O1	O2	O3										
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4							
39	1	G	3	N			N	N	Y				Change the lubrication refer to the manufacturer's manual for proper lubricants			3 Months	Mechanic		
													Check the condition then lubricate the bearings			Daily	Mechanic		
40	1	H	1	N			Y						Checked or recorded bearing lubricant (for water contamination and sediments)			3 Months	Mechanic		
41	1	H	2	N			N	Y					Repair or replace any corrosion parts			Annually	Mechanic		
42	1	H	3	N			N	N	Y				Repair and re-installation for bearing refer to the manufacturer's manual			3 Months	Mechanic		
43	1	H	4	N			Y						Check alignment and correct as required			3 Months	Mechanic		
44	1	I	1	N			N	N	Y				Repair or replace for gasket damage then lubricate gasket assembly as required			3 Months	Mechanic		
45	1	I	2	N			N	Y					Repair and re-installation for seal correctly			3 Months	Mechanic		
46	1	I	3	N			N	Y					Repair or replace for seal damage then lubricate seal assembly as required			3 Months	Mechanic		
													Check oil level or replace oil seals						
47	1	I	4	N			Y						Check the inlet/outlet connection then fix it			Daily	Mechanic		
48	1	I	5	N			Y						Check the casing clamp then fix it			Daily	Mechanic		
49	1	J	1	Y	N	N	Y	Y					Check power supply voltage and frequency			Daily	Mechanic		
50	1	J	2	Y	N	N	Y	Y					Check suction line for air/gas in liquid and fix it			2 Weeks	Mechanic		
51	1	J	3	Y	N	N	Y	Y					Replace or change the impeller as required			Annually	Mechanic		
52	1	J	4	Y	N	N	Y	Y					Check for switched power leads and make it sure that the rotation is right			Daily	Mechanic		
53	1	K	1	Y	N	N	Y	N	N	N			No Scheduled Maintenance						
54	1	K	2	Y	N	N	Y	Y					Check for vibration of motor then fix it			Monthly	Mechanic		
55	1	K	3	N			N	Y					Check and inspect condition of corrosion and repair if necessary			Annually	Mechanic		

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM					SYSTEM N ^o					Facilitator			Date	Sheet N ^o			
			Close Cooling System					7CC									5			
Information reference			Consequence Evaluation					H1 H2 H3			Default Action			Proposed Task					Initial Interval	Can be done by
								S1	S2	S3										
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4								
56	1	K	4	Y	N	N	Y	N	N	N				No Scheduled Maintenance						
57	1	L	1	Y	N	N	Y	Y						Check regularly for these unusual conditions					Monthly	Mechanic
58	1	L	2	N				Y						Check regularly for these unusual conditions					Monthly	Mechanic
59	1	L	3	Y	N	N	Y	Y						Check regularly for these unusual conditions					Monthly	Mechanic
60	1	L	4	Y	N	N	Y	Y						Check regularly for these unusual conditions					Monthly	Mechanic

LAMPIRAN 6

(LOGIC TREE ANALYSIS DAN MAINTENANCE TASK)

HEAT EXCHANGER A (7CC-HX-100A)
RCM II DECISION WORKSHEET

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator	Date	Sheet N ^o	
			Close Cooling System							7CC					1	
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor	Date	of	
			Heat Exchanger A							7CC-HX-100A					1	
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	Y	Y			Y						Schedule On-Condition Task	6 Months	Mechanic	
2	A	2	Y	N	N	Y	Y						Schedule On-Condition Task	6 Months	Mechanic	
3	A	3	Y	N	N	Y	Y						Schedule On-Condition Task	6 Months	Mechanic	
4	B	1	Y	N	N	Y	Y						Schedule On-Condition Task	6 Months	Mechanic	
5	B	2	Y	N	N	Y	N	Y					Scheduled restoration task	10 Years	Mechanic	
6	B	3	Y	N	N	Y	N	Y					Scheduled restoration task	10 Years	Mechanic	
7	B	4	Y	N	N	Y	N	Y					Scheduled restoration task	10 Years	Mechanic	
8	C	1	Y	N	N	Y	N	Y					Scheduled restoration task	10 Years	Mechanic	

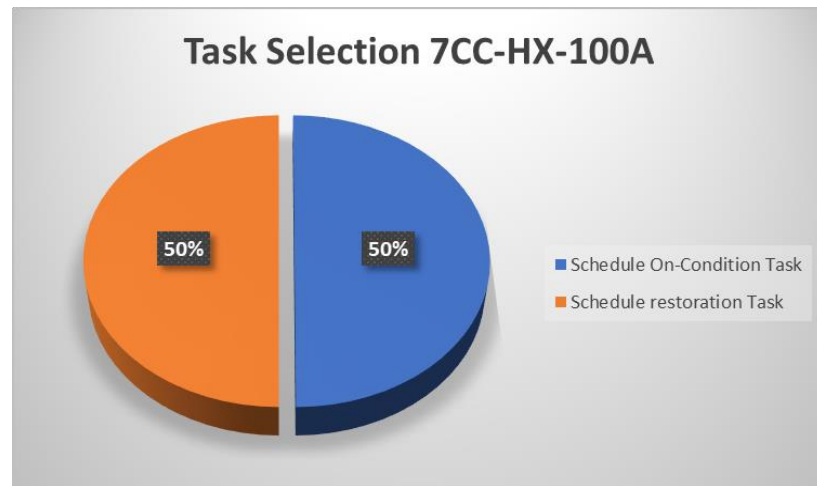
Hidden Failure	:	0	0.00%
Evident Failure	:	8	100.00%
Jumlah Failure Mode	:	8	100.00%

Grafik 1. Hidden Vs Evident Failure



Schedule On-Condition Task	:	4	50.00%
Schedule restoration Task	:	4	50.00%
Jumlah Maintenance Task	:	8	100.00%

Gambar 2. Task Selection 7CC-HX-100A



RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o				Facilitator	Date	Sheet N ^o
			Close Cooling System							7CC						1
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o				Auditor	Date	of
			Heat Exchanger A							7CC-HX-100A						2
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	A	1	Y	Y			Y						Check for tubes clogged and clean it (backwash)	6 Months	Mechanic	
2	A	2	Y	N	N	Y	Y						Check for nozzle clogged and clean it (backwash)	6 Months	Mechanic	
3	A	3	Y	N	N	Y	Y						Check and inspect for tubes fouling and clean it	6 Months	Mechanic	
4	B	1	Y	N	N	Y	Y						Check and inspect for tubes leakage and fix it	6 Months	Mechanic	
5	B	2	Y	N	N	Y	N	Y					Check for signs of erosion and/or corrosion on the face of the tube and repair or replace it	10 Years	Mechanic	
6	B	3	Y	N	N	Y	N	Y					Check for signs of erosion and/or corrosion on the face of the tubesheet and repair or replace it	10 Years	Mechanic	

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^Ω			Facilitator	Date	Sheet N ^Ω
			Close Cooling System							7CC					2
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^Ω			Auditor	Date	of
			Heat Exchanger A							7CC-HX-100A					2
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
7	1	B	4	Y	N	N	Y	N	Y				Check the condition of the baffles then repair or replace it as necessary	10 Years	Mechanic
8	1	C	1	Y	N	N	Y	N	Y				Check for signs of erosion and/or corrosion on the face of the tube and repair or replace it	10 Years	Mechanic

LAMPIRAN 6

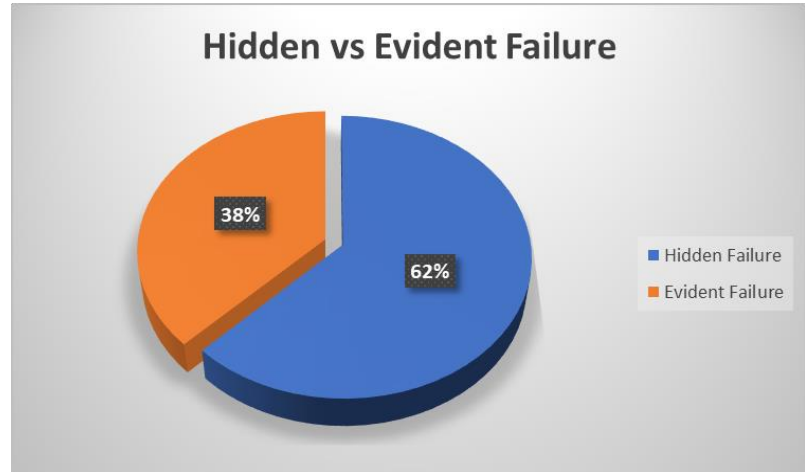
(LOGIC TREE ANALYSIS DAN MAINTENANCE TASK)

**CLOSE COOLING PUMP B (7CC-P-100B)
RCM II DECISION WORKSHEET**

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator			Date		Sheet N ^o		
			Close Cooling System							7CC								1		
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor			Date		of		
			Heat Exchanger B							7CC-HX-100B								1		
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task			Initial Interval		Can be done by	
							S1	S2	S3											
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4								
1	1	A	1	Y	Y		Y						Schedule On-Condition Task			6 Months		Mechanic		
2	1	A	2	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			6 Months		Mechanic		
3	1	A	3	N			Y						Schedule On-Condition Task			6 Months		Mechanic		
4	1	B	1	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			6 Months		Mechanic		
5	1	B	2	N			N	Y					Scheduled restoration task			10 Years		Mechanic		
6	1	B	3	N			N	Y					Scheduled restoration task			10 Years		Mechanic		
7	1	B	4	N			N	Y					Scheduled restoration task			10 Years		Mechanic		
8	1	C	1	N			N	Y					Scheduled restoration task			10 Years		Mechanic		

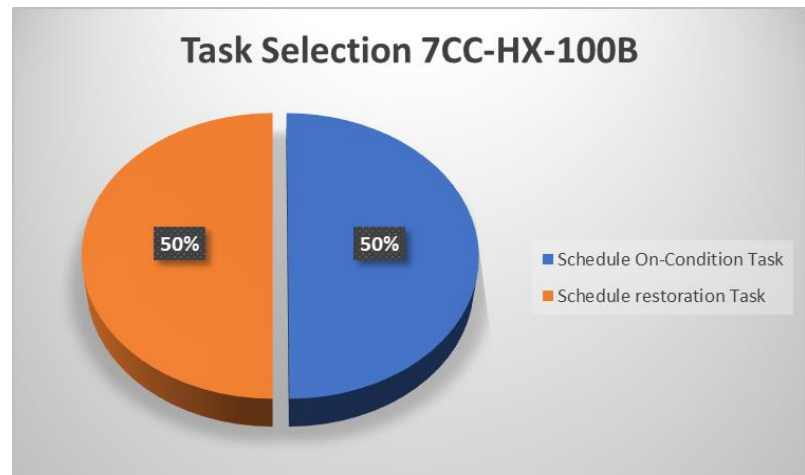
Hidden Failure	:	5	62.50%
Evident Failure	:	3	37.50%
Jumlah Failure Mode	:	8	100.00%

Grafik 1. Hidden Vs Evident Failure



Schedule On-Condition Task	:	4	50.00%
Schedule restoration Task	:	4	50.00%
Jumlah Maintenance Task	:	8	100.00%

Grafik 2. Task Selection 7CC-HX-100B



RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o				Facilitator	Date	Sheet N ^o
			Close Cooling System							7CC						1
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o				Auditor	Date	of
			Heat Exchanger B							7CC-HX-100B						2
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	A	1	Y	Y			Y						Check for tubes clogged and clean it (backwash)	6 Months	Mechanic	
2	A	2	Y	N	N	Y	Y						Check for nozzle clogged and clean it (backwash)	6 Months	Mechanic	
3	A	3	N				Y						Check and inspect for tubes fouling and clean it	6 Months	Mechanic	
4	B	1	Y	N	N	Y	Y						Check and inspect for tubes leakage and fix it	6 Months	Mechanic	
5	B	2	N				N	Y					Check for signs of erosion and/or corrosion on the face of the tube and repair or replace it	10 Years	Mechanic	
6	B	3	N				N	Y					Check for signs of erosion and/or corrosion on the face of the tubesheet and repair or replace it	10 Years	Mechanic	

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator	Date	Sheet N ^o	
			Close Cooling System							7CC					2	
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor	Date	of	
			Heat Exchanger B							7CC-HX-100B					2	
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
7	1	B	4	N			N	Y					Check the condition of the baffles then repair or replace it as necessary	10 Years	Mechanic	
8	1	C	1	N			N	Y					Check for signs of erosion and/or corrosion on the face of the tube and repair or replace it	10 Years	Mechanic	

LAMPIRAN 6

(LOGIC TREE ANALYSIS DAN MAINTENANCE TASK)

EXPANSION TANK (7CC-TK-100)
RCM II DECISION WORKSHEET

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator			Date		Sheet N ^o		
			Close Cooling System							7CC								1		
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor			Date		of		
			Expansion Tank							7CC-TK-100								1		
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task			Initial Interval		Can be done by	
							S1	S2	S3											
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4								
1	1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y				Scheduled restoration task			10 Years		Mechanic		
2	1	A	2	Y	N	N	Y	N	N	Y			Schedule discard Task			5 Years		Mechanic		
3	1	A	3	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Monthly		Mechanic		
4	1	A	4	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Monthly		Mechanic		
5	1	B	1	Y	N	N	Y	N	Y				Scheduled restoration task			10 Years		Mechanic		
6	1	B	2	Y	N	N	Y	N	Y				Scheduled restoration task			5 Years		Mechanic		
7	1	B	3	Y	N	N	Y	N	Y				Scheduled restoration task			10 Years		Mechanic		
8	1	B	4	Y	N	N	Y	N	Y				Scheduled restoration task			2 Years		Mechanic		
9	1	B	5	Y	N	N	Y	Y					Schedule On-Condition Task			Monthly		Mechanic		
10	1	C	1	Y	N	N	Y	N	N	Y			Schedule discard Task			2 Years		Mechanic		

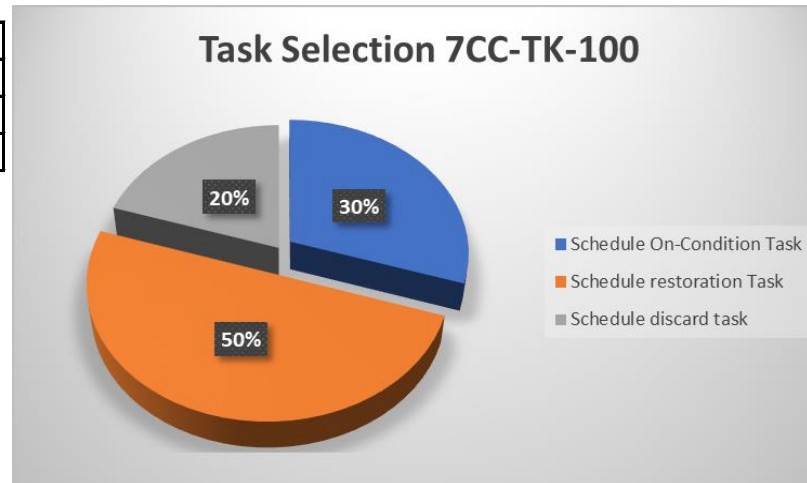
Hidden Failure	:	0	0.00%
Evident Failure	:	10	100.00%
Jumlah Failure Mode	:	10	100.00%

Gambar 1. Hidden Vs Evident Failure



Schedule On-Condition Task	:	3	30.00%
Schedule restoration Task	:	5	50.00%
Schedule discard task	:	2	20.00%
Jumlah Maintenance Task	:	10	100.00%

Gambar 2. Task Selection 7CC-TK-100



RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o				Facilitator	Date	Sheet N ^o		
			Close Cooling System							7CC						1		
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o				Auditor	Date	of		
			Expansion Tank							7CC-TK-100						2		
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task	Initial Interval	Can be done by		
							S1	S2	S3									
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y							Inspect and repair the tank visually for signs of damage	10 Years	Mechanic
2	1	A	2	Y	N	N	Y	N	N	Y						Check and inspect for damage then repair or replace it as necessary	5 Years	Mechanic
3	1	A	3	Y	N	N	Y	Y								Check and inspect condition of piping for blockage and then fix it	Monthly	Mechanic
4	1	A	4	Y	N	N	Y	Y								Check and inspect condition of tank venthole for blockage and then fix it	Monthly	Mechanic
5	1	B	1	Y	N	N	Y	N	Y							Inspect for tank paint failures, cracks, welding, pitting, and corrosion then repair it	10 Years	Mechanic
6	1	B	2	Y	N	N	Y	N	Y							Inspect for tank leakage and corrosion then repair or replace it	5 Years	Mechanic
7	1	B	3	Y	N	N	Y	N	Y							and inspect for corrosion and thinning on plate and weld.	10 Years	Mechanic

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator	Date	Sheet N ^o
			Close Cooling System							7CC					2
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor	Date	of
			Expansion Tank							7CC-TK-100					2
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task	Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3						
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
8	1	B	4	Y	N	N	Y	N	Y				Repair or replace for drain tank valve damage	2 Years	Mechanic
9	1	B	5	Y	N	N	Y	Y					Check and inspect for the level control system then fix it	Monthly	Mechanic
10	1	C	1	Y	N	N	Y	N	N2	Y			Repair or replace for tank valve damage	2 Years	Mechanic

LAMPIRAN 6

(LOGIC TREE ANALYSIS DAN MAINTENANCE TASK)

1. CC Water Pump Minimum Flow Valve (7CC-PV-804)
 2. CC Water Expansion Tank Level Valve (7CC-LV-800)
- RCM II DECISION WORKSHEET**

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator		Date	Sheet N ^o	
			Close Cooling System							7CC						1	
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor		Date	of	
			Expansion Tank Level Valve							7CC-LV-800						1	
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task		Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3								
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y					Scheduled restoration task		2 Years	Mechanic	
2	A	2	Y	N	N	Y	Y						Schedule On-Condition Task		2 Weeks	Mechanic	
3	A	3	Y	N	N	Y	Y						Schedule On-Condition Task		2 Weeks	Mechanic	

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator		Date	Sheet N ^o	
			Close Cooling System							7CC						1	
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor		Date	of	
			Pump Minimum Flow Valve							7CC-PV-804						1	
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task		Initial Interval	Can be done by
							S1	S2	S3								
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4					
1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y					Scheduled restoration task		2 Years	Mechanic	
2	A	2	Y	N	N	Y	Y						Schedule On-Condition Task		2 Weeks	Mechanic	
3	A	3	Y	N	N	Y	Y						Schedule On-Condition Task		2 Weeks	Mechanic	

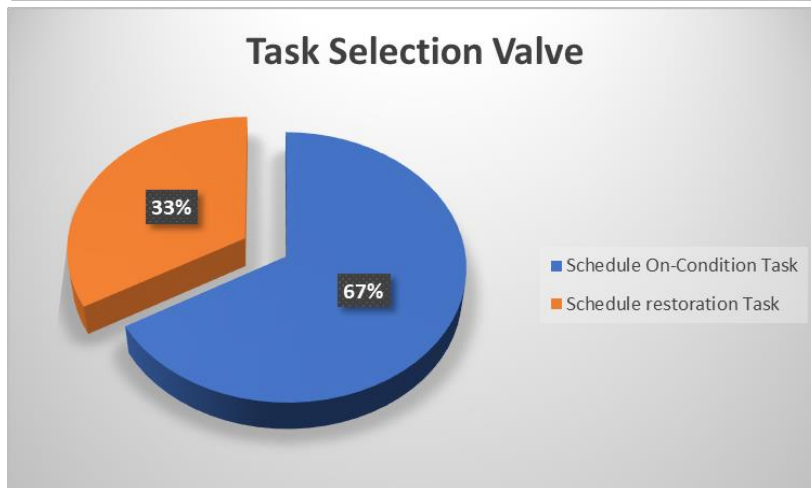
Hidden Failure	:	0	0.00%
Evident Failure	:	6	100.00%
Jumlah Failure Mode	:	6	100.00%

Gambar 1. Hidden Vs Evident Failure



Schedule On-Condition Task	:	4	66.67%
Schedule restoration Task	:	2	33.33%
Jumlah Maintenance Task	:	6	100.00%

Gambar 2. Task Selection Valve



RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator			Date		Sheet N ^o	
			Close Cooling System							7CC								1	
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor			Date		of	
			Expansion Tank Level Valve							7CC-LV-800								2	
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action			Proposed Task			Initial Interval		Can be done by	
							S1	S2	S3										
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4							
1	1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y				Repair or replace for the damage actuator as necessary			2 Years	Mechanic		
													Inspect check valves and repair or replace						
2	1	A	2	Y	N	N	Y	Y					Check for the valve leakage then fix it			2 Weeks	Mechanic		
3	1	A	3	Y	N	N	Y	Y					Check for valve clogged and clean it			2 Weeks	Mechanic		

RCM II DECISION WORKSHEET © 1996 ALADON LTD			SYSTEM							SYSTEM N ^o			Facilitator			Date		Sheet N ^o		
			Close Cooling System							7CC								2		
			SUB-SYSTEM							SUB-SYSTEM N ^o			Auditor			Date		of		
			Pump Minimum Flow Valve							7CC-PV-804								2		
Information reference			Consequence Evaluation				H1	H2	H3	Default Action				Proposed Task			Initial Interval		Can be done by	
							S1	S2	S3											
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4								
1	1	A	1	Y	N	N	Y	N	Y				Repair or replace for the damage actuator as necessary			2 Years	Mechanic			
													Inspect check valves and repair or							
2	1	A	2	Y	N	N	Y	Y					Check for the valve leakage then fix it			2 Weeks	Mechanic			
3	1	A	3	Y	N	N	Y	Y					Check for valve clogged and clean it			2 Weeks	Mechanic			

SUMMARY OF

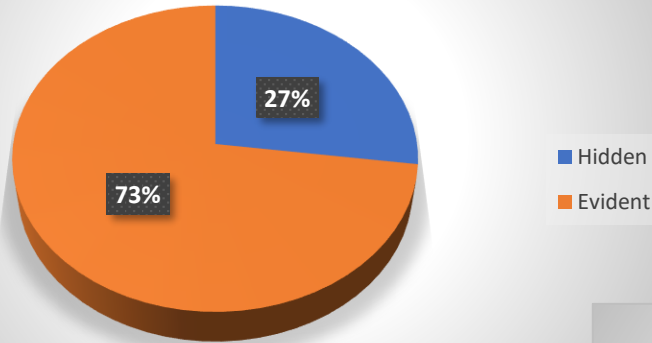
(LOGIC TREE ANALYSIS AND MAINTENANCE TASK SELECTION)

CLOSE COOLING SYSTEM (CC)

SUMMARY OF TASK SELECTION CLOSE COOLING SYSTEM

NO	Name of Equipment	Tag Number	JUMLAH						
			Hidden	Evident	Schedule On Condition Task	Schedule restoration Task	Schedule discard task	Schedule Failure Finding Task	No Scheduled Maintenance
1	Close Cooling Pump A	7CC-P-100A	1	62	38	12	9	1	3
2	Close Cooling Pump B	7CC-P-100B	36	24	35	11	9	2	3
3	Heat Exchanger A	7CC-HX-100A	0	8	4	4			
4	Heat Exchanger A	7CC-HX-100B	5	3	4	4			
5	Expansion Tank	7CC-TK-100A	0	10	3	5	2		
6	Expansion Tank Level Valve	7CC-LV-800	0	3	2	1			
7	Pump Minimum Flow Valve	7CC-PV-804	0	3	2	1			
JUMLAH TOTAL			42	113	88	38	20	3	6
JUMLAH TOTAL (%)			27.10%	72.90%	56.8%	24.5%	12.9%	1.9%	3.9%

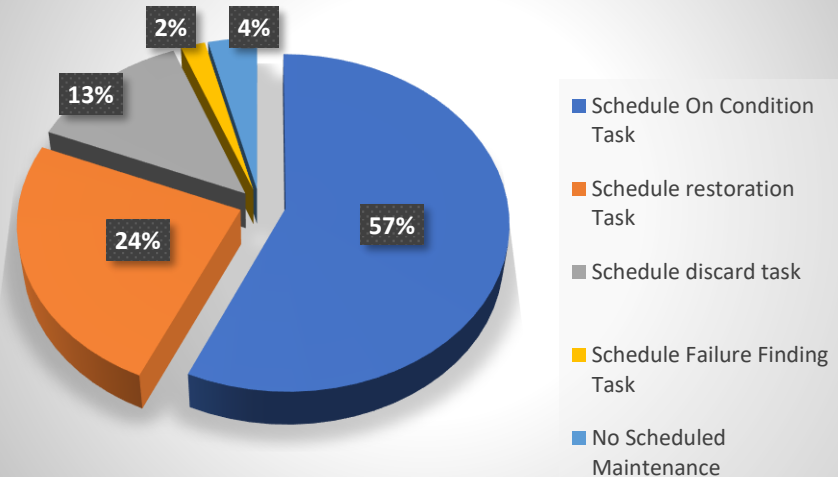
Hidden vs Evident



Berdasarkan keseluruhan equipment pada close cooling system yang dianalisa diketahui terdapat 155 failure mode. Hasil analisa failure mode yang ada pada close cooling system menunjukkan bahwa sejumlah 113 failure atau 73% dari total failure mode bersifat evident failure dan sejumlah 42 failure atau 27% dari total failure mode bersifat hidden failure.

Berdasarkan hasil penentuan maintenance, dapat diketahui bahwa maintenance task terdiri dari 5 kategori yakni schedule on condition task berjumlah 88 (56,77%), schedule restoration task berjumlah 38 (24,52%), schedule discard task berjumlah 20 (12,9%), schedule finding failure berjumlah 3 (1,94%) dan no schedule maintenance berjumlah 6 (3,87%) dihitung dari keseluruhan total kegiatan maintenance task.

Task Selection



LAMPIRAN 7

WORK PACKAGE AND PROPOSED TASK

CLOSE COOLING SYSTEM (CC)

Maintenance Task Schedule					
Equipment Name : Close Cooling Pump					
Tag. Number : 7CC-P-100A					
Following these recommended steps should help operators reduce problems with close cooling pump. Here is a brief check list:					
Interval		Done By			
Daily		Mechanic			
PROPOSED TASK			Reference		
			F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/> Check condition of motor pump (Circuit breaker, fuse and starter)			1	A	1
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect condition of pump for priming and fix it			1	B	1
<input checked="" type="checkbox"/> Check for proper pump submergence			1	B	1
<input checked="" type="checkbox"/> Check the pressure and vent well to atmosphere to eliminate vacuum at pump suction			1	B	1
<input checked="" type="checkbox"/> Check for switched power leads and make it sure that the rotation is right			1	B	4
<input checked="" type="checkbox"/> Check and measure the pressure of pump			1	B	6
<input checked="" type="checkbox"/> Check power supply voltage and frequency			1	C	6
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect for pump cavitation and fix it			1	E	6
<input checked="" type="checkbox"/> Check the inlet/outlet connection of pump then fix it			1	J	4
<input checked="" type="checkbox"/> Check the condition then lubricate the bearings			1	I	1
Interval		Done By			
Weekly		Mechanic			
PROPOSED TASK			Reference		
			F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/> Check the suction line for clogged			1	B	2
<input checked="" type="checkbox"/> Backwash or use chemical treatment to clean			1	B	2
<input checked="" type="checkbox"/> Check for mechanical seal leaks and fix it			1	B	5
<input checked="" type="checkbox"/> Check condition of oil and grease seals			1	B	5
<input checked="" type="checkbox"/> Check the suction line for air leaks and fix it			1	B	6
<input checked="" type="checkbox"/> Check for switched power leads			1	B	8
<input checked="" type="checkbox"/> Make sure that shafts are lubricated and fix it			1	B	8
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect condition of suction for blockage and clean it			1	C	7
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect condition of suction and fix it			1	C	8
<input checked="" type="checkbox"/> Check the suction line for air/gas in liquid and fix it			1	F	3

Maintenance Task Schedule			
Equipment Name : Close Cooling Pump			
Tag. Number : 7CC-P-100A			
Following these recommended steps should help operators reduce problems with close cooling pump. Here is a brief check list:			
Interval		Done By	
Monthly		Mechanic	
PROPOSED TASK		Reference	
		F	FF
<input checked="" type="checkbox"/> Check impeller for locked and fix it		1	A
<input checked="" type="checkbox"/> Backwash or use chemical treatment to clean		1	A
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect condition of impeller for clogged and clean it		1	B
<input checked="" type="checkbox"/> Check for vibration of motor then fix it		1	L
<input checked="" type="checkbox"/> Check regularly for these unusual conditions for electric		1	M
<input checked="" type="checkbox"/> Check the control and monitoring then fix it (Check below for detail)		1	D
Control and Monitoring a. Record suction/discharge performance of all measuring instruments (pressure or temperature gauge and flow meters) b. Record elapsed time meter readings c. Record amp readings if possible d. Test alarms for proper operation e. Perform basic electrical tests f. Checked or recorded electric motor load current g. Function test of lamp, relay, switch and push button h. Check the cable tightness i. Perform insulation test for power cable from MCB to the motor			

Maintenance Task Schedule					
Equipment Name : Close Cooling Pump					
Tag. Number : 7CC-P-100A					
Following these recommended steps should help operators reduce problems with close cooling pump. Here is a brief check list:					
Interval		Done By			
3 Months		Mechanic			
PROPOSED TASK			Reference		
			F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/>	Check for excessive bearing friction and impeller corrosion or obstruction	1	C	6	
<input checked="" type="checkbox"/>	Check for the coupling alignment and fix it	1	E	4	
<input checked="" type="checkbox"/>	Check for angular misalignment with a thickness or feeler gauge inserted at the same four places to make sure that the space between the coupling halves is equal at all points	1	E	4	
<input checked="" type="checkbox"/>	Replace or repair for casing gasket as necessary	1	F	5	
<input checked="" type="checkbox"/>	Check packing for excessive leakage and adjust and/or	1	G	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	Adjust or replace packing or damaged parts	1	G	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	Check the packing assembly and repack as necessary	1	G	4	
<input checked="" type="checkbox"/>	Check and correct worn or damaged seals	1	G	5	
<input checked="" type="checkbox"/>	Repair or replace for damage mechanical seal as necessary	1	G	5	
<input checked="" type="checkbox"/>	Check for excessive bearing vibration then fix it	1	H	2	
<input checked="" type="checkbox"/>	Checked or recorded condition of bearing by sound and temperature	1	H	2	
<input checked="" type="checkbox"/>	Change the lubrication refer to the manufacturer's manual for proper lubricants	1	H	3	
<input checked="" type="checkbox"/>	Checked or recorded bearing lubricant (for water contamination and sediments)	1	I	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	Repair and re-installation for bearing refer to the manufacturer's manual	1	I	3	
<input checked="" type="checkbox"/>	Check alignment and correct as required	1	I	4	
<input checked="" type="checkbox"/>	Repair or replace for gasket damage then lubricate gasket assembly as required	1	J	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	Repair and re-installation for seal correctly	1	J	2	
<input checked="" type="checkbox"/>	Repair or replace for seal damage then lubricate seal assembly as required	1	J	3	
<input checked="" type="checkbox"/>	Check oil level or replace oil seals	1	J	3	

Maintenance Task Schedule

Equipment Name : Close Cooling Pump

Tag. Number : 7CC-P-100A

Following these recommended steps should help operators reduce problems with close cooling pump. Here is a brief check list:

Interval	Done By
Annually	Mechanic

PROPOSED TASK	Reference		
	F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/> Inpect condition of corrosion and repair if necessary	1	A	3
<input checked="" type="checkbox"/> Repair or replace impellers as necessary	1	C	2
<input checked="" type="checkbox"/> Repair or replace impellers as necessary to maintain the close clearance required for pump efficiency	1	C	3
<input checked="" type="checkbox"/> Repair or replace bearing as necessary	1	E	2
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect the condition of rotor and fix it	1	E	3
<input checked="" type="checkbox"/> Replace or repair for shaft as necessary	1	E	5
<input checked="" type="checkbox"/> Replace or repair for worn bearings and parts	1	E	7
<input checked="" type="checkbox"/> Repair or replace any corrosion parts	1	I	2

Maintenance Task Schedule

Following these recommended steps should help operators reduce problems with relief valve of close cooling pump. Here is a brief check list:

Interval	Done By
6 Months	Operator

- Repair or replace relief valve as necessary
- Verify and record nameplate information and be sure to protect the nameplate while servicing the valve. This will prevent loss of important information.
- Check relief valve and adjust setting. Check the condition of seal wires. Seals will indicate who assembled/manufactured the PRV or the last repair organization to service the PRV.
- Visually inspect the PRV during disassembly. This is critical, and parts should be inspected per manufacturer instructions.
- Proper cleaning of parts is also vital, but overly aggressive cleaning methods may damage delicate or highly machined surfaces.
- It is also essential to follow the manufacturer's work instructions for assembly

Once the repair is completed, the testing should also follow strict guidelines: test media selection, test stand volume/design, gage calibration and selection, set point definition, temperature/back pressure corrections, accepted alternate test methods, set point tolerance, seat tightness standards, and field vs. shop testing.

Maintenance Task Schedule			
Equipment Name : Expansion Tank Level Valve			
Tag. Number : 7CC-LV-800			
Following these recommended steps should help operators reduce problems with Expansion tank level valve. Here is a brief check list:			
Interval		Done By	
2 Weeks		Mechanic	
PROPOSED TASK	Reference		
	F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/> Clean valve generally	1	A	2
<input checked="" type="checkbox"/> Check for the valve leakage then fix it	1	A	2
<input checked="" type="checkbox"/> Check for valve clogged and clean it	1	A	3
Interval		Done By	
2 Years		Mechanic	
PROPOSED TASK	Reference		
	F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/> Inspect check valves and repair or replace	1	A	1
<input checked="" type="checkbox"/> Repair or replace for the damage actuator as necessary	1	A	1
<input checked="" type="checkbox"/> Properly seat or repair valve	1	A	1
<input checked="" type="checkbox"/> Repair or replace for the damage actuator as necessary	1	A	1

Maintenance Task Schedule			
Equipment Name : Pump Minimum Flow Valve			
Tag. Number : 7CC-PV-804			
Following these recommended steps should help operators reduce problems with pump minimum flow valve. Here is a brief check list:			
Interval		Done By	
2 Weeks		Mechanic	
PROPOSED TASK	Reference		
	F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/> Clean valve generally	1	A	2
<input checked="" type="checkbox"/> Check for the valve leakage then fix it	1	A	2
<input checked="" type="checkbox"/> Check for valve clogged and clean it	1	A	3
Interval		Done By	
2 Years		Mechanic	
PROPOSED TASK	Reference		
	F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/> Inspect check valves and repair or replace	1	A	1
<input checked="" type="checkbox"/> Repair or replace for the damage actuator as necessary	1	A	1
<input checked="" type="checkbox"/> Properly seat or repair valve	1	A	1

Maintenance Task Schedule			
Equipment Name : Expansion Tank			
Tag. Number : 7CC-TK-100			
Following these recommended steps should help operators reduce problems with expansion tank. Here is a brief check list:			
Interval		Done By	
Monthly		Mechanic	
PROPOSED TASK		Reference	
	F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect condition of piping for blockage and then fix it	1	A	3
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect condition of tank venthole for blockage and then fix it	1	A	4
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect for the level control system then fix it	1	B	5
Interval		Done By	
2 Years		Mechanic	
PROPOSED TASK		Reference	
	F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/> Repair or replace for drain tank valve damage	1	B	4
<input checked="" type="checkbox"/> Repair or replace for tank valve damage	1	C	1
Interval		Done By	
5 Years		Mechanic	
PROPOSED TASK		Reference	
	F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect for damage then repair or replace it as necessary	1	A	2
<input checked="" type="checkbox"/> Inspect for tank leakage and corrosion then repair or replace	1	B	2
Interval		Done By	
10 Years		Mechanic	
PROPOSED TASK		Reference	
	F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/> Inspect and repair the tank visually for signs of damage	1	A	1
<input checked="" type="checkbox"/> Inspect for tank paint failures, cracks, welding, pitting, and corrosion then repair it	1	B	1
<input checked="" type="checkbox"/> Clean off the bottom angle area and inspect for corrosion and thinning on plate and weld. Inspect for tank leakage and corrosion then repair or replace it	1	B	3

Maintenance Task Schedule				
Equipment Name : Heat Exchanger				
Tag. Number : 7CC-HX-100A				
Following these recommended steps should help operators reduce problems with heat exchanger. Here is a brief check list:				
Interval		Done By		
6 Months		Mechanic		
PROPOSED TASK		Reference		
		F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/> Check for tubes clogged and clean it (backwash)		1	A	1
<input checked="" type="checkbox"/> Check for nozzle clogged and clean it (backwash)		2	A	2
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect for tubes fouling and clean it		3	A	3
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect for tubes leakage and fix it		1	B	1
Interval		Done By		
10 Years		Mechanic		
PROPOSED TASK		Reference		
		F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/> Check for signs of erosion and/or corrosion on the face of the tubesheet and repair or replace it		1	B	3
<input checked="" type="checkbox"/> Check the condition of the baffles then repair or replace it as necessary		1	B	4
<input checked="" type="checkbox"/> Check for signs of erosion and/or corrosion on the face of the tube and repair or replace it		1	C	1
<input checked="" type="checkbox"/> Check for signs of erosion and/or corrosion on the face of the tube and repair or replace it		1	B	2

Maintenance Task Schedule				
Equipment Name : Heat Exchanger				
Tag. Number : 7CC-HX-100B				
Following these recommended steps should help operators reduce problems with heat exchanger. Here is a brief check list:				
Interval		Done By		
6 Months		Mechanic		
PROPOSED TASK		Reference		
		F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/> Check for tubes clogged and clean it (backwash)		1	A	1
<input checked="" type="checkbox"/> Check for nozzle clogged and clean it (backwash)		2	A	2
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect for tubes fouling and clean it		3	A	3
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect for tubes leakage and fix it		1	B	1
Interval		Done By		
10 Years		Mechanic		
PROPOSED TASK		Reference		
		F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/> Check for signs of erosion and/or corrosion on the face of the tubesheet and repair or replace it		1	B	3
<input checked="" type="checkbox"/> Check the condition of the baffles then repair or replace it as necessary		1	B	4
<input checked="" type="checkbox"/> Check for signs of erosion and/or corrosion on the face of the tube and repair or replace it		1	C	1
<input checked="" type="checkbox"/> Check for signs of erosion and/or corrosion on the face of the tube and repair or replace it		1	B	2

Maintenance Task Schedule				
Equipment Name : Close Cooling Pump				
Tag. Number : 7CC-P-100B				
Following these recommended steps should help operators reduce problems with close cooling pump. Here is a brief check list:				
Interval		Done By		
Daily		Mechanic		
PROPOSED TASK		Reference		
		F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect condition of pump for priming and fix it		1	A	1
<input checked="" type="checkbox"/> Check for proper pump submergence		1	A	1
<input checked="" type="checkbox"/> Check the pressure and vent well to atmosphere to eliminate vacuum at pump suction		1	A	1
<input checked="" type="checkbox"/> Check for switched power leads and make it sure that the rotation is right		1	A	4
<input checked="" type="checkbox"/> Check and measure the pressure of pump		1	A	6
<input checked="" type="checkbox"/> Check power supply voltage and frequency		1	B	6
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect for pump cavitation and fix it		1	D	6
<input checked="" type="checkbox"/> Check the inlet/outlet connection of pump then fix it		1	I	4
<input checked="" type="checkbox"/> Check the condition then lubricate the bearings		1	H	1
Interval		Done By		
Weekly		Mechanic		
PROPOSED TASK		Reference		
		F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/> Check the suction line for clogged		1	A	2
<input checked="" type="checkbox"/> Backwash or use chemical treatment to clean		1	A	2
<input checked="" type="checkbox"/> Check for mechanical seal leaks and fix it		1	A	5
<input checked="" type="checkbox"/> Check condition of oil and grease seals		1	A	5
<input checked="" type="checkbox"/> Check the suction line for air leaks and fix it		1	A	6
<input checked="" type="checkbox"/> Check for switched power leads		1	A	8
<input checked="" type="checkbox"/> Make sure that shafts are lubricated and fix it		1	A	8
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect condition of suction for blockage and clean it		1	B	7
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect condition of suction and fix it		1	B	8
<input checked="" type="checkbox"/> Check the suction line for air/gas in liquid and fix it		1	E	3

Maintenance Task Schedule			
Equipment Name : Close Cooling Pump			
Tag. Number : 7CC-P-100B			
Following these recommended steps should help operators reduce problems with close cooling pump. Here is a brief check list:			
Interval		Done By	
Monthly		Mechanic	
PROPOSED TASK			Reference
			F
			FF
			FM
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect condition of impeller for clogged and clean it			1
<input checked="" type="checkbox"/> Check for vibration of motor then fix it			A
<input checked="" type="checkbox"/> Check regularly for these unusual conditions for electric			K
<input checked="" type="checkbox"/> Check the control and monitoring then fix it (Check below for detail)			L
Control and Monitoring			1
a. Record suction/discharge performance of all measuring instruments (pressure or temperature gauge and flow meters)			C
b. Record elapsed time meter readings			1
c. Record amp readings if possible			
d. Test alarms for proper operation			
e. Perform basic electrical tests			
f. Checked or recorded electric motor load current			
g. Function test of lamp,relay, switch and push button			
h. Check the cable tightness			
i. Perform insulation test for power cable from MCB to the motor			

Maintenance Task Schedule					
Equipment Name : Close Cooling Pump					
Tag. Number : 7CC-P-100B					
Following these recommended steps should help operators reduce problems with close cooling pump. Here is a brief check list:					
Interval		Done By			
3 Months		Mechanic			
PROPOSED TASK			Reference		
			F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/>	Check for excessive bearing friction and impeller corrosion or obstruction	1	B	6	
<input checked="" type="checkbox"/>	Check for the coupling alignment and fix it	1	D	4	
<input checked="" type="checkbox"/>	Check for angular misalignment with a thickness or feeler gauge inserted at the same four places to make sure that the space between the coupling halves is equal at all points	1	D	4	
<input checked="" type="checkbox"/>	Replace or repair for casing gasket as necessary	1	E	5	
<input checked="" type="checkbox"/>	Check packing for excessive leakage and adjust and/or	1	F	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	Adjust or replace packing or damaged parts	1	F	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	Check the packing assembly and repack as necessary	1	F	4	
<input checked="" type="checkbox"/>	Check and correct worn or damaged seals	1	F	5	
<input checked="" type="checkbox"/>	Repair or replace for damage mechanical seal as necessary	1	F	5	
<input checked="" type="checkbox"/>	Check for excessive bearing vibration then fix it	1	G	2	
<input checked="" type="checkbox"/>	Checked or recorded condition of bearing by sound and temperature	1	G	2	
<input checked="" type="checkbox"/>	Change the lubrication refer to the manufacturer's manual for proper lubricants	1	G	3	
<input checked="" type="checkbox"/>	Checked or recorded bearing lubricant (for water contamination and sediments)	1	H	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	Repair and re-installation for bearing refer to the manufacturer's manual	1	H	3	
<input checked="" type="checkbox"/>	Check alignment and correct as required	1	H	4	
<input checked="" type="checkbox"/>	Repair or replace for gasket damage then lubricate gasket assembly as required	1	H	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	Repair and re-installation for seal correctly	1	I	2	
<input checked="" type="checkbox"/>	Repair or replace for seal damage then lubricate seal assembly as required	1	I	3	
<input checked="" type="checkbox"/>	Check oil level or replace oil seals	1	I	3	

Maintenance Task Schedule			
Equipment Name : Close Cooling Pump			
Tag. Number : 7CC-P-100B			
Following these recommended steps should help operators reduce problems with close cooling pump. Here is a brief check list:			
Interval		Done By	
Annually		Mechanic	
PROPOSED TASK			Reference
	F	FF	FM
<input checked="" type="checkbox"/> Repair or replace impellers as necessary	1	B	2
<input checked="" type="checkbox"/> Repair or replace impellers as necessary to maintain the close clearance required for pump efficiency	1	B	3
<input checked="" type="checkbox"/> Repair or replace bearing as necessary	1	D	2
<input checked="" type="checkbox"/> Check and inspect the condition of rotor and fix it	1	D	3
<input checked="" type="checkbox"/> Replace or repair for shaft as necessary	1	D	5
<input checked="" type="checkbox"/> Replace or repair for worn bearings and parts	1	D	7
<input checked="" type="checkbox"/> Repair or replace any corrosion parts	1	H	2
Maintenance Task Schedule			
Following these recommended steps should help operators reduce problems with relief valve of close cooling pump. Here is a brief check list:			
Interval		Done By	
6 Months		Operator	
<input checked="" type="checkbox"/> Repair or replace relief valve as necessary			
<input checked="" type="checkbox"/> Verify and record nameplate information and be sure to protect the nameplate while servicing the valve. This will prevent loss of important information.			
<input checked="" type="checkbox"/> Check relief valve and adjust setting. Check the condition of seal wires. Seals will indicate who assembled/manufactured the PRV or the last repair organization to service the PRV.			
<input checked="" type="checkbox"/> Visually inspect the PRV during disassembly. This is critical, and parts should be inspected per manufacturer instructions.			
<input checked="" type="checkbox"/> Proper cleaning of parts is also vital, but overly aggressive cleaning methods may damage delicate or highly machined surfaces.			
<input checked="" type="checkbox"/> It is also essential to follow the manufacturer's work instructions for assembly			
Once the repair is completed, the testing should also follow strict guidelines: test media selection, test stand volume/design, gage calibration and selection, set point definition, temperature/back pressure corrections, accepted alternate test methods, set point tolerance, seat tightness standards, and field vs. shop testing.			

RE-ANALISA

MANUAL VENDOR AND RESULT OF RCM

CLOSE COOLING SYSTEM (CC)

ANALISA MAINTENANCE TASK

NO.	PM VENDOR	INITIAL INTERVAL	HASIL ANALISA RCM	INITIAL INTERVAL
1	Measuring device :			
	Pressure: • Delivery pump (suction and discharge) • Balance chamber	Daily and weekly	Check and measure the pressure of pump (Worpackage maintenance daily of pump)	Daily
	Temperature: • Medium delivered • Pump bearing/oil sump	Daily and weekly		
2	Futher checks and inspection			
	Oil level: • Oil slight glass/constant level oiler	Weekly	Check oil level or replace oil seals	3 Months
	Leakage: • Shaft seal/mechanical seal cover • Flange seal (main connection) • Lubricating oil from bearing housing		Check for mechanical seal leaks and fix it (Worpackage maintenance weekly of pump)	Weekly
	Vibration: • Vibration measurement • Bearing shock impulse	Monthly	condition of bearing vibration by sound and temperature	3 Months
3	Maintenance Work			
	Oil change: • Bearing housing	6 Months	Workpackage 3 months of pump	3 Months
	Coupling: • Check alignment	Yearly	Workpackage 3 months of pump	3 Months

ANALISA MAINTENANCE TASK

NO.	PM VENDOR	INITIAL INTERVAL	HASIL ANALISA RCM	INITIAL INTERVAL
3	* General overhaul: • Bearings, shaft seal, impellers, wear rings	During overhaul	Workpackage annually of pump	Annually
4	Inspect the tank visually for signs of damage / corrosion	6 Months	Workpackage of Expansion Tank	5 years
5	To ensure the proper functioning of the system, the expansion tank must be replaced in the event of excessive deterioration	2 years		
6	Internal inspection of shell and tube heat exchanger	5 years	Workpacakage maintenance heat exchanger	10 years
7	Pressure test and Visual check of shell chamber	10 years	Workpacakage maintenance heat exchanger	

* Overhaul allows supervision of wear, early recognition any sign of damage and replacement of defective parts in time. All signs of wear and spare parts used should be recorded in the operation log

BIODATA PENULIS



Enggar Dywari Suminta yang merupakan penulis laporan tugas akhir ini lahir di Nganjuk, 11 Januari 1998 dari orang tua yang bernama Sugiyono dan Amintarti. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang memiliki adik perempuan bernama Ingrid Twi Angelica. Penulis menempuh pendidikan dimulai dari SDN Sumberkepuh II (2004-2010), SMPN 1 Tanjunganom (2010-2013) dan SMAN 3 Kediri. Setelah lulus dari bangku SMA, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selain menempuh ilmu di bidang akademik, penulis juga aktif di berbagai organisasi yang membangun karakter yang kuat dan sebagai wadah untuk bersosialisasi serta menumbuhkan kerja sama dalam mewujudkan suatu visi dan gagasan. Di antara organisasi tersebut adalah Pasukan Pengibar Bendera Pusaka (PASKIBRAKA) SMAN 3 Kediri tahun 2013-2016 sebagai anggota, Kelompok Ilmiah Remaja (KIR tahun 2013-2016 sebagai anggota. Kemudian pada saat di perguruan tinggi negeri, penulis aktif dalam kegiatan volunteer sosial masyarakat Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) ITS, menjadi staff Kementerian Sosial Masyarakat BEM ITS periode 2018/2019 dan menjadi Ketua Departemen Sosial Masyarakat BEM Fakultas Teknologi Kelautan ITS periode 2019/2020. Penulis memiliki pengalaman kerja praktik di galangan PT Caputra Mitra Sejati dan PT Paiton Operation and Maintenance Indonesia (POMI) sebagai *internship engineer*.