

**ANALISA PERAWATAN MESIN *DIGESTER* DENGAN METODE
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) PADA
PTPN II PAGAR MERBAU**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Memperoleh Gelar Sarjana

Teknik

OLEH :

RANDY SUWANDY

13 815 0021



PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2019

Judul Skripsi : ANALISA PERAWATAN MESIN DIGESTER
DENGAN METODE RELIABILITY CENTERED
MAINTENANCE (RCM) PADA PTPN II, PAGAR
MERBAU

Nama : Randy Suwandy

NPM : 13 815 0021

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh

Komisi Pembimbing


Sirmas Munte, ST, MT
Pembimbing I


Ir. Hj. Ninny Siregar, M.Si
Pembimbing II

Mengetahui :


Dr. Faisal Amri Tanjung, SST, MT
Dekan Fakultas Teknik


Yuli Heng Polewangi, ST, MT
Ketua Program Studi

Tanggal sidang : 25 Februari 2019

LEMBAR PERNYATAAN

Saya, menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan,


METERAI
TEMPEL
901FB8AFF899692618
6000
ENAM RIBU RUPIAH
Randy Suwandy
13 815 0021

ABSTRAK

Randy Suwandy NPM 13 815 0021. “Analisa Perawatan Mesin *Digester* Dengan Metode *Reliability Centered Maintenance* Pada PTPN II Pagar Merbau”. Dibawah bimbingan Bapak Sirmas Munte, ST, MT sebagai Pembimbing I dan Ibu Ir. Hj. Ninny Siregar, M.Si sebagai Pembimbing II.

PT. Perkebunan Nusantara II, Pagar Merbau merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan kelapa sawit. Aktivitas produksi menuntut mesin untuk bekerja optimal. Mesin *Digester* UDW 3220 memiliki tingkat kegagalan yang paling tinggi dibanding mesin produksi lainnya dengan persentase kerusakan 25% akibat umur mesin sudah mencapai 30 tahun. Dengan adanya penelitian analisa perawatan ini diharapkan masa kehandalan mesin dapat ditingkatkan serta meminimalisir *Downtime* pada mesin produksi.

Berdasarkan kondisi tersebut analisis perawatan dilakukan dengan pendekatan *Reliability Centered Maintenance (RCM)* untuk memperbaharui sistem pemeliharaan. Dari hasil analisis RCM diperoleh komponen paling kritis adalah sistem *Bearing House* dan *Shaft Driver*. Dengan mengeliminasi tingkat kerusakan komponen dapat diperoleh *Reliability Bearing House* sebesar 72% dan *Shaft Driver* sebesar 70.5% dengan masa interval perawatan *Bearing House* 299.6 Jam dan *Shaft Driver* 295.65 Jam.

Kata kunci : *Downtime, Failure Mode Effect Analysis, Reliability Centered Maintenance.*

ABSTRACT

Randy Suwandy NPM 13 815 0021. “Maintenance Analysis of Digester Machines With Reliability Centered Maintenance Method in PTPN II Pagar Merbau”. Under Guidance of Sir Sirmas Munte, ST, MT as 1st Adviser and Madam Ir. Hj. Ninny Siregar, M.Si as 2nd Adviser.

PT. Perkebunan Nusantara II, Pagar Merbau is a company runs in the coconut palm field processing. Production activity demand the machines to work optimally. UDW 3220 digester machine having highest failure rate compared to other production machines with 25% damage percentage due to the age of the machine reached 30 years. With the presence of this maintenance analysis research hopefully machine reliability periode can be in increase and minimize downtime for production machine.

Based on these conditions maintenance analysis carried out by *Reliability Centered Maintenance (RCM)* approach to renew the maintenance system. From RCM analysis result the most critical component is Bearing House System and Shaft Driver. With eliminating damage level can be obtained 72% Bearing House reliability and 70.5% on Shaft Driver with 299.6 hours maintenance interval period on Bearing House and 295.65 hours on Shaft Driver.

Keyword : *Downtime, Failure Mode Effect Analysis, Reliability Centered Maintenance.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademis yang harus dipenuhi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Penelitian dilakukan pada perusahaan PT. Perkebunan Nusantara II Pagar Merbau dengan judul “Analisa Perawatan Mesin Digester Dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada PTPN II Pagar Merbau”.

Dengan adanya penyusunan hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pembaca. Banyaknya kekurangan dengan terbatasnya pengetahuan dan pengalaman, penulis menyadari dalam penulisan masih terdapat banyak kekurangan, karenanya dengan hati terbuka penulis menghargai kritik dan saran yang bersifat konstruktif demi kesempurnaan penulisan ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis dapat menyelesaikannya berkat adanya bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam meluangkan waktu dan pikiran. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah dan selalu mencurahkan nikmat dan karunia-Nya serta ridho-Nya yang masih membuatku sadar dapat merasakan kenikmatan hidup hingga saat ini, sujud syukurku hanya kepada-Mu.

2. Kepada junjungan saya Nabi Besar Muhammad SAW beserta para sahabat dan keluarganya yang memberikan teladan kepada saya khususnya sehingga menjadi panutan hidup saya untuk mengarungi kehidupan ini.
3. Teristimewa untuk kedua orang tua saya yang tercinta, papa dan mama yang selalu memberikan dukungan, doa, nasehat dan materi yang tak terhitung jumlahnya.
4. Keluarga saya adek Arinal Haqqa dan adek Siti Nurhalimatuzzuhra
5. Yang Terhormat Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
6. Yang terhormat Bapak Dr. Faisal Amri Tanjung, SST, MT selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
7. Ibu Yuana Delvika, ST, MT, dan Bapak Yudi Daeng Polewangi, ST, MT selaku Ketua Program Studi dan Koordinator Kerja Praktek Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
8. Bapak Sirmas Munte, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Ir. Hj. Ninny Siregar, M.Si, selaku Dosen Pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktu, pikiran, dukungan, dorongan dan masukan dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih dan mohon maaf bapak dan ibu apabila saya telah melakukan banyak kesalahan selama ini.
9. Ibu Ir. Hj. Haniza, MT selaku Ketua Penguji dan Bapak Sutrisno, ST, MT selaku Sekretaris Penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang konstruktif untuk penulisan skripsi ini.

10. Almarhum Bapak Ir. Kamil Mustafa, MT selaku Dosen Pembimbing I terdahulu yang sangat berjasa dan mendorong serta menginspirasi saya dalam hal berpikir untuk menyelesaikan skripsi ini, Al-Fatihah untuk beliau.
11. Seluruh dosen dan staf karyawan Program Studi Teknik Industri Universitas Medan Area yang memberikan pendidikan, ilmu yang bermanfaat selama penulis menjalani pendidikan di Universitas Medan Area
12. Bapak Dedy Gurning, ST dan Bapak Ishman L. Sibuea selaku Manajer Pabrik Kelapa Sawit PT.Perkebunan Nusantara II Pagar Merbau.
13. Bapak Affan R. Sinulingga, ST, selaku Pembimbing Lapangan *Assistant Maintenance* PT. Perkebunan Nusantara II Pagar Merbau.
14. Seluruh staf karyawan PT. Perkebunan Nusantara II Pagar Merbau
15. Seorang spesial yang saya sayangi Cindy Nur Octaviani, S.Pd yang telah memberikan perhatian, semangat dan motivasi.
16. Rekan-rekan mahasiswa, Ikatan Mahasiswa Teknik Industri Universitas Medan Area, Ikatan Mahasiswa Teknik Industri Zona Sumbagut, Ikatan Mahasiswa Teknik Industri Indonesia atas wadah dan kreasi mahasiswa teknik industri, terkhusus rekan-rekan Teknik Industri Universitas Medan Area Stambuk 2013 yang telah banyak memberikan semangat dan kesadaran atas penyelesaian skripsi ini.
17. Untuk Bagus Mulia, ST dan Kristopel Pane, ST terima kasih sebesar-besarnya yang selalu membantu saya dalam kesulitan dalam mengerjakan skripsi ini.

18. Kerabat-kerabat, Rudi Sulaiman, ST, Agustiar, Rizal, Bang Taufik Aulia Rahman, adek-adek stambuk Teknik Industri Universitas Medan Area dan seluruh pihak yang tidak dapat dituliskan satu-persatu, namun telah memberikan dukungan, bantuan dan inspirasi yang sangat berharga.

Akhir kata, penulis berharap semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat untuk kepentingan penelitian dan ilmu pengetahuan di masa mendatang.



Medan, Maret 2019

Randy Suwanddy

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	
LEMBAR PENGESAHAN.....	
LEMBAR PERNYATAAN	
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-3
1.3. Batasan Masalah.....	I-4
1.4. Tujuan penelitian.....	I-4
1.5. Manfaat Penelitian.....	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1. Manajemen Perawatan.....	II-1
2.2. Pengklasifikasian Perawatan.....	II-3
2.2.1. <i>Planned Maintenance</i>	II-3
2.2.1.1. <i>Preventive Maintenance</i>	II-3

2.2.1.2. <i>Predictive Maintenance</i>	II-4
2.2.1.3. <i>Corrective Maintenance</i>	II-4
2.2.1.4. <i>Breakdown Maintenance</i>	II-4
2.2.2. <i>Unplanned Maintenance</i>	II-4
2.3. Permasalahan Dalam Perawatan	II-5
2.4. Konsep Perencanaan Perawatan.....	II-6
2.5. <i>Downtime</i>	II-6
2.6. <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>	II-6
2.6.1. Pengumpulan Informasi dan Seleksi Pemilihan Sistem	II-8
2.6.2. Definisi Batasan Sistem	II-8
2.6.3. Analisa Kegagalan Fungsi	II-8
2.6.4. Kriteria Tingkat Kritis (MSI).....	II-9
2.6.5. <i>Failure Mode Effect Analysis (FMEA)</i>	II-9
2.6.6. <i>Logic Tree Analysis</i>	II-10
2.6.7. <i>Task Selection</i>	II-11
2.7. Keandalan (<i>Reliability</i>)	II-11
2.7.1. Pola Distribusi Data Dalam Keandalan	II-12
2.8. Diagram Pareto.....	II-15
BAB III METODE PENELITIAN.....	III-1
3.1. Teknik Pengumpulan Data.....	III-1
3.2. Variabel.....	III-2
3.3. Jenis dan Sumber Data	III-2
3.4. Analisa Data	III-3

3.5.	Prosedur Penelitian.....	III-3
3.6.	Kerangka Konseptual	III-4
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		IV-1
4.1.	Langkah Implementasi RCM.....	IV-1
4.1.1.	Seleksi Pengumpulan Data dan Informasi	IV-1
4.1.2.	Definisi Batasan Sistem	IV-3
4.1.3.	Analisa Kegagalan Sistem	IV-6
4.1.4.	Kriteria Tingkat Kritis (<i>Maintenance Significant Item</i>)	IV-6
4.1.5.	<i>Failure Mode Effect Analysis (FMEA)</i>	IV-8
4.1.6.	<i>Logic Tree Analysis</i>	IV-20
4.1.7.	<i>Task Selection</i>	IV-24
4.1.8.	<i>Reliability</i>	IV-29
4.1.8.1.	<i>Least Square Curve Fitting Curve Time To Failure (TTF)</i>	IV-30
4.1.8.2.	<i>Least Square Curve Fitting Curve Time To Repair (TTR)</i>	IV-34
4.1.8.3.	<i>Goodness of Fit Time To Failure (TTF)</i>	IV-39
4.1.8.4.	<i>Goodness of Fit Time To Repair (TTR)</i>	IV-41
4.1.8.5.	<i>Perhitungan Mean Time To Failure (MTTF) dan Mean Time To Repair (MTTR)</i>	IV-44
4.1.8.6.	Penentuan Interval Perawatan	IV-45
4.2.	<i>Reliability</i> Sebelum Perawatan	IV-45
4.3.	<i>Reliability</i> Sesudah Perawatan	IV-47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		V-1
5.1.	Kesimpulan.	V-1
5.2.	Saran.	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Jam Produksi PT. Perkebunan Nusantara II Pagar Merbau.....	IV-2
Tabel 4.2. Frekuensi <i>Breakdown</i> Mesin Produksi PT.Perkebunan Nusantara II Pagar Merbau	IV-2
Tabel 4.3. Persentase Kumulatif Diagram Pareto.....	IV-2
Tabel 4.4. Identifikasi Sistem Peralatan	IV-3
Tabel 4.5. Informasi Sistem Peralatan Digester	IV-5
Tabel 4.6. Identifikasi Sistem, Subsystem dan Komponen	IV-5
Tabel 4.7. Identifikasi Informasi Kegagalan Sistem	IV-6
Tabel 4.8. Indeks Kekritisitas Sistem Utama Digester.....	IV-8
Tabel 4.9. Deskripsi Mode Kegagalan dan Penentuan Nilai RPN	IV-9
Tabel 4.10. Penentuan <i>Task Selection</i> Berdasarkan RPN.....	IV-10
Tabel 4.11. RPN Kumulatif.....	IV-11
Tabel 4.12. Tingkat Resiko Berdasarkan Prioritas	IV-19
Tabel 4.13. Identifikasi <i>Logic Tree Analysis</i>	IV-22
Tabel 4.14. <i>Task Selection</i> Perawatan Mesin Digester	IV-26
Tabel 4.15. TTF dan TTR komponen <i>Bearing House</i>	IV-29
Tabel 4.16. TTF dan TTR Komponen <i>Shaft Driver</i>	IV-30
Tabel 4.17. <i>Least Square Curve Fitting TTF</i> Distribusi Eksponensial Komponen <i>Bearing House</i>	IV-31
Tabel 4.18. <i>Least Square Curve Fitting TTF</i> Distribusi Eksponensial Komponen <i>Shaft Driver</i>	IV-31
Tabel 4.19. <i>Least Square Curve Fitting TTF</i> Distribusi Lognormal Komponen <i>Bearing House</i>	IV-32

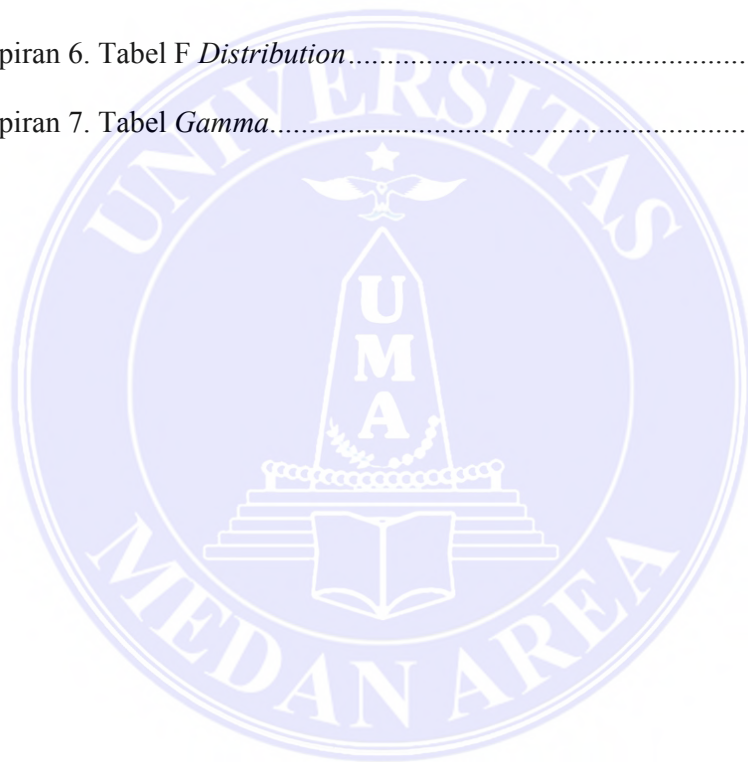
Tabel 4.20. <i>Least Square Curve Fitting TTF</i> Distribusi Lognormal Komponen <i>Shaft Driver</i>	IV-32
Tabel 4.21. <i>Least Square Curve Fitting TTF</i> Distribusi Weibull Komponen <i>Bearing House</i>	IV-33
Tabel 4.22. <i>Least Square Curve Fitting TTF</i> Distribusi Weibull Komponen <i>Bearing House</i>	IV-34
Tabel 4.23. Hasil Perhitungan <i>Index of Fit Time To Failure</i>	IV-34
Tabel 4.24. <i>Least Square Curve Fitting TTR</i> Distribusi Eksponensial Komponen <i>Bearing House</i>	IV-35
Tabel 4.25. <i>Least Square Curve Fitting TTR</i> Distribusi Eksponensial Komponen <i>Shaft Driver</i>	IV-35
Tabel 4.26. <i>Least Square Curve Fitting TTR</i> Distribusi Lognormal Komponen <i>Bearing House</i>	IV-36
Tabel 4.27. <i>Least Square Curve Fitting TTR</i> Distribusi Lognormal Komponen <i>Shaft Driver</i>	IV-37
Tabel 4.28. <i>Least Square Curve Fitting TTR</i> Distribusi Weibull Komponen <i>Bearing House</i>	IV-37
Tabel 4.29. <i>Least Square Curve Fitting TTR</i> Distribusi Weibull Komponen <i>Bearing House</i>	IV-38
Tabel 4.30. Hasil Perhitungan <i>Index of Fit Time To Repair</i>	IV-38
Tabel 4.31. Uji <i>Mann's</i> Pada <i>Bearing House</i>	IV-41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema Pembagian Perawatan.....	II-5
Gambar 2.2. Diagram Pareto	II-15
Gambar 3.1. Diagram Prosedur Penelitian.....	III-4
Gambar 3.2. Kerangka Konseptual.....	III-5
Gambar 4.1. Diagram Pareto <i>Breakdown</i> Mesin Digester	IV-3
Gambar 4.2. Alur Proses Mesin Digester	IV-4
Gambar 4.3. <i>Critically Assesment</i> Sistem Utama Mesin Digester	IV-8
Gambar 4.4. Diagram Pareto Nilai RPN.....	IV-12
Gambar 4.5. <i>Intermediate Decision Tree</i>	IV-21
Gambar 4.6. Diagram <i>Task Selection</i>	IV-25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kuisisioner Penentuan <i>Maintenance Significant Item</i>	L-1
Lampiran 2. Kuisisioner Penentuan <i>Risk Priority Number</i>	L-2
Lampiran 3. Tabel <i>Standardized Normal Probabilities</i>	L-8
Lampiran 4. Tabel <i>Kolmogorov-Smirnov</i>	L-14
Lampiran 5. Tabel <i>Chi-Square</i>	L-15
Lampiran 6. Tabel <i>F Distribution</i>	L-16
Lampiran 7. Tabel <i>Gamma</i>	L-17



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mesin merupakan alat dengan adanya konversi energi untuk membantu mempermudah pekerjaan manusia. Dalam penggunaannya secara berkelanjutan umur dan kehandalan alat akan menurun, dengan dasar inilah dilakukan pemeliharaan dalam suatu alat untuk meningkatkan umur dan kehandalan alat itu sendiri.

Perawatan merupakan suatu fungsi dalam suatu aktivitas produksi dalam suatu industri, hal ini karena dalam suatu industri mempunyai peralatan atau fasilitas yang penggunaannya secara berkelanjutan terus-menerus untuk dapat mempergunakan peralatan tersebut, diantara kegiatan yang dilakukan seperti inspeksi pengecekan, lubrikasi, perbaikan serta penggantian komponen. Kegiatan tersebut dalam perusahaan merupakan peranan bagian manajemen perawatan yang dibentuk dari organisasi perusahaan. Beberapa tujuan dan fungsi perawatan adalah mampu memenuhi kebutuhan sesuai rencana produksi, menjaga kualitas produksi, membantu mengurangi biaya modal pemakaian yang diinvestasikan sesuai kebijakan sehingga tercapainya keuntungan *return of investment* dan menghindari kegiatan yang dapat membahayakan keselamatan pekerja. Secara umum perawatan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *preventive maintenance* dengan tujuan mencegah kerusakan lebih awal sehingga meminimalisir kerusakan yang lebih kritis yang berakibat munculnya berbagai kerugian yang tidak diharapkan.

Corrective maintenance merupakan perawatan setelah terjadinya kerusakan sehingga peralatan dapat digunakan kembali dengan umur baru. dampak yang terjadi akibat ketidakteraturan dalam perawatan diantaranya tidak tercapainya target produksi, kehilangan waktu produksi, biaya perbaikan yang tinggi hingga tingkat produktivitas karyawan yang rendah.

Penelitian dengan melakukan penjadwalan penggantian komponen mesin sebelumnya telah dilakukan pada perusahaan manufaktur PT.Surabaya Wire dengan perawatan *preventive maintenance reliability centered maintenance* oleh Muhammad Arizki Zainul Ramadhan, kurang optimalnya penjadwalan perawatan mengakibatkan terjadinya 26 kali *breakdown* dalam setahun pada komponen *side shaft* dan *crank shaft* sehingga menjadi komponen paling kritis, maka diusulkan penjadwalan penggantian dan perawatan dengan hasil *reliability* komponen kritis yang didapatkan sebesar 23% dan 38% dengan masa interval perawatan 63 jam dan 81 jam. Pada perusahaan PT. ISM Tbk Bogasari Flour Mills Jakarta juga mengalami *breakdown* hingga 218 kali dengan total *downtime* 173 jam pada mesin *Airlock* dalam periode setahun, dengan metode *reliability centered maintenance* didapatkan hasil *reliability* sebesar 38% dengan interval perawatan 77 jam, pada perawatan *reliability centered maintenance* jadwal perawatan penggantian komponen dilakukan sebelum umur komponen habis dikarenakan masa pemakaian efektif telah sampai pada puncaknya, jika penggunaan dilakukan berkelanjutan akan menyebabkan kurangnya performa dari mesin itu sendiri.

Hal serupa juga terjadi pada perusahaan industri PT. Perkebunan Nusantara II Pagar Merbau yang mengolah kelapa sawit menjadi *crude palm oil*.

Perawatan *corrective maintenance* pada perusahaan mengakibatkan kurang optimalnya perawatan yang diterapkan sehingga menyebabkan tingginya *breakdown* pada mesin produksi diantaranya pada mesin *digester* dengan persentase kerusakan paling tinggi yang mencapai 25% dengan jumlah kegagalan 25 kali dari total 99 kegagalan pada mesin produksi. Mesin *digester* adalah sebuah tabung silinder pelapis dan mempunyai as putar yang dilengkapi dengan pisau pengaduk yang didesain untuk pelumatan sebelum dikempa selanjutnya kedalam mesin *screw press*, jika terjadi gangguan pada mesin *digester* dampaknya terjadi pada penurunan kualitas dan proses produksi pun tidak dapat dilanjutkan pada langkah selanjutnya.

Berdasarkan masalah yang ada tersebut, maka dalam penelitian ini mencoba untuk menganalisa sistem perawatan mesin dengan metode *Reliability Centered Maintenance*. dengan metode ini diharapkan dapat mengetahui tindakan kegiatan perawatan yang tepat serta perencanaan jadwal perawatan yang tepat pada komponen mesin.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah pada PTPN II Pagar Merbau adalah :

1. Berapa interval waktu perawatan untuk meningkatkan jam operasi mesin *digester* ?
2. Berapa nilai tambah kehandalan komponen kerusakan kritis setelah perawatan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dilakukan adalah :

1. Menentukan interval waktu perawatan untuk komponen kritis yang sering mengalami kerusakan
2. Menentukan kehandalan komponen kritis sebelum perawatan dan setelah perawatan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diharapkan dapat memperoleh yaitu :

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Dapat mengetahui beberapa aspek perusahaan/instansi seperti sejarah, tugas, fungsi dan organisasi instansi.
 - b. Membandingkan teori - teori yang telah diperoleh di bangku perkuliahan dengan praktek yang ada di lapangan.
 - c. Memperoleh suatu keterampilan dalam penguasaan pengerjaan.
 - d. Dapat mengumpulkan data dari lapangan guna menyusun skripsi.
 - e. Memperoleh pengalaman diperusahaan dalam menganalisa model perawatan *Reliability Centered Maintenance*.
 - f. Dapat menjadikan informasi dan referensi tambahan untuk penelitian selanjutnya mengenai manajemen perawatan.
2. Bagi Fakultas
 - a. Untuk memperluas pengenalan Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

- b. Menciptakan dan mempererat hubungan kerja sama dengan perusahaan/instansi.

3. Bagi Perusahaan/Instansi

- a. Dapat memperkenalkan kepada mahasiswa dan masyarakat umum.
- b. Sumbangan perusahaan dalam memajukan pembangunan di bidang pendidikan.
- c. Memberikan contoh perhitungan bagi perusahaan tentang nilai efektivitas mesin.
- d. Dapat memberikan gambaran penjadwalan perawatan mesin.

1.5 Batasan Masalah

Mengingat terlalu luasnya masalah, maka penulis menetapkan batasan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Penelitian hanya dilakukan pada mesin *digester*.
2. Data kerusakan mesin yang dianalisis adalah data tahun terakhir pada tahun periode 2017-2018.
3. Penelitian yang dilakukan tidak sampai pada perhitungan biaya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Manajemen Perawatan

Menurut Assauri (2004) perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas/peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian/penggantian yang diperlukan agar supaya terdapat keadaan operasi produksi sesuai dengan apa yang direncanakan.

Menurut Kurniawan (2013) perawatan adalah aktivitas pemeliharaan, perbaikan, penggantian, pembersihan, penyetelan dan pembersihan terhadap objek yang dimilikinya. Konsep ini berawal dari keinginan manusia untuk memperoleh kenyamanan dan keamanan terhadap objek yang dimilikinya, sehingga dapat memenuhi kebutuhan manusia dapat berfungsi dengan baik dan dapat bertahan dalam jangka waktu yang diinginkan. Dengan adanya kegiatan kegiatan perawatan ini maka fasilitas/peralatan pabrik dapat digunakan untuk produksi sesuai rencana, sehingga dapat diharapkan proses produksi dapat berjalan dengan lancar dan terjamin, karena kemungkinan kegagalan yang disebabkan tidak baiknya beberapa fasilitas atau peralatan produksi telah dihilangkan atau dikurangi.

Perlu diketahui oleh seorang perawatan dan bagian lainnya bagi suatu pabrik adalah pemeliharaan yang murah sedangkan perbaikan adalah mahal.

Secara umum tujuan perawatan menurut Kurniawan (2013) adalah :

1. Mengatasi segala permasalahan yang berkenaan dengan kontinuitas

aktivitas produksi.

2. Memperpanjang umur pengoperasian peralatan dan fasilitas industri.
3. Meminimasi *downtime*, yaitu waktu selama proses produksi terhenti yang dapat mengganggu kontinuitas produksi.
4. Meningkatkan efisiensi sumber daya produksi.
5. Peningkatan profesionalisme personil departemen perawatan industri.
6. Meningkatkan nilai tambah produk, sehingga perusahaan dapat bersaing di pasar global.
7. Membantu para pengambil keputusan, sehingga dapat memilih solusi optimal terhadap kebijakan perawatan fasilitas industri.
8. Melakukan perencanaan terhadap perawatan preventif, sehingga memudahkan dalam proses pengontrolan aktivitas perawatan.
9. Mereduksi biaya perbaikan dan biaya yang timbul dari terhentinya proses karena permasalahan kehandalan mesin.

Fungsi pemeliharaan menurut Ahyari (2002) adalah agar dapat memperpanjang umur ekonomis dari mesin dan peralatan produksi yang ada serta mengusahakan agar mesin dan peralatan produksi tersebut selalu dalam keadaan optimal dan siap pakai untuk pelaksanaan proses produksi. Keuntungan yang diperoleh dengan adanya perawatan, mesin dan peralatan produksi yang ada dapat dipergunakan dalam jangka waktu panjang, pelaksanaan proses produksi dalam perusahaan berjalan dengan lancar, dapat menghindarkan diri atau dapat menekan sekecil mungkin terdapatnya kemungkinan kerusakan berat dari mesin dan peralatan produksi selama proses produksi berjalan. Apabila mesin dan peralatan

produksi berjalan dengan baik, maka penyerapan bahan baku dapat berjalan dengan normal.

2.2 Pengklasifikasian Perawatan

2.2.1 *Planned Maintenance*

Planned Maintenance adalah suatu tindakan atau kegiatan perawatan yang pelaksanaannya telah direncanakan terlebih dahulu. *Planned Maintenance* terbagi beberapa jenis, yaitu :

2.2.1.1 *Preventive Maintenance*

Preventive Maintenance adalah suatu sistem perawatan yang terjadwal dari suatu peralatan/komponen yang didesain untuk meningkatkan kehandalan suatu mesin serta untuk mengantisipasi segala kegiatan perawatan yang tidak direncanakan sebelumnya. Beberapa tindakan *preventive* dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Perawatan Rutin

Perawatan rutin adalah kegiatan perawatan yang dilakukan secara rutin. Kegiatan ini biasanya dilakukan setiap hari seperti pembersihan, pelumasan kepada komponen yang mempunyai gesekan tinggi, pengecekan, penyetelan terhadap mur dan baut dan pemanasan mesin produksi.

2. Perawatan Periodik

Perawatan periodik adalah kegiatan yang dilakukan secara periodik dalam jangka waktu tertentu. Perawatan periodik dapat pula dilakukan dengan

memakai lamanya jam kerja mesin atau fasilitas produksi tersebut sebagai jadwal perawatan hingga secara umum perawatan periodik juga efektif menentukan jadwal perawatan komponen kritis.

2.2.1.2 Predictive Maintenance

Predictive Maintenance didefinisikan sebagai pengukuran yang dapat mendeteksi degradasi sistem, sehingga penyebabnya dapat dieliminasi atau dikendalikan tergantung pada kondisi fisik komponen, hasilnya menjadi indikasi kapabilitas fungsi sekarang dan masa depan.

2.2.1.3 Corrective Maintenance

Corrective Maintenance merupakan suatu kegiatan perawatan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi mesin sehingga mencapai standar yang telah ditetapkan pada mesin tersebut.

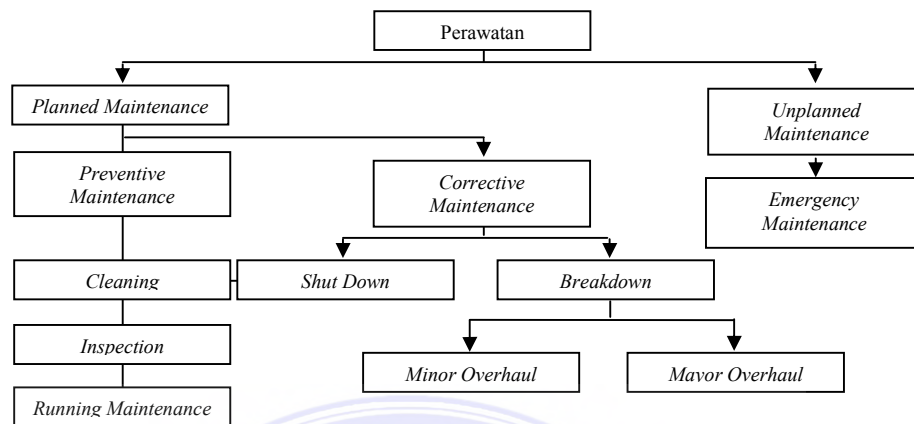
2.2.1.4 Breakdown Maintenance

Breakdown Maintenance yaitu suatu kegiatan perawatan yang pelaksanaannya menunggu sampai dengan peralatan tersebut rusak lalu dilakukan perbaikan.

2.2.2 Unplanned Maintenance

Perawatan Tak terencana (*Unplanned Maintenance*) adalah suatu tindakan atau kegiatan perawatan yang pelaksanaannya tidak direncanakan sehingga kerusakan pada operasi terjadi tiba tiba *Jamming* (*Emergency Maintenance*). Perawatan darurat ini harus segera dilakukan apabila mesin/peralatan terus

beroperasi sampai benar-benar tidak dapat beroperasi lagi.



Gambar 2.1 Skema Pembagian Perawatan

2.3 Permasalahan Dalam Perawatan

Manajemen perawatan berupaya untuk menjawab beberapa permasalahan yang dihadapi oleh industri dalam melakukan aktivitas prosesnya. Untuk memecahkan masalah yang dihadapi, terkadang para pengambil keputusan dihadapkan pada alternatif solusi yang harus diambil. Setiap alternatif memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, sehingga sulit untuk menentukan alternatif manakah yang merupakan solusi optimal. Adapun permasalahan yang dihadapi antara lain menurut Kurniawan (2013) yaitu :

1. Pembentukan organisasi perawatan
2. Pembagian tugas perawatan dan perencanaan tugas perawatan
3. Frekuensi inspeksi dan ruang lingkup inspeksi
4. Pengambilan keputusan perbaikan, perbaikan menyeluruh dan penggantian *repair, overhaul* dan *replacement*
5. Kebijakan *breakdown maintenance*
6. Peraturan penggantian komponen

7. Investasi pengembangan teknologi untuk mengganti fasilitas
8. Reliabilitas
9. Jumlah tim perawatan
10. Komposisi mesin dalam lini produksi
11. Penjadwalan dalam melakukan aktivitas perawatan

Permasalahan tersebut dapat dipecahkan melalui implementasi dari metode model manajemen perawatan.

2.4 Konsep Perencanaan Perawatan

Manajemen memungkinkan melakukan beberapa tahapan aktivitas, sehingga proses perawatan dapat dilaksanakan secara sistematis. Perencanaan perawatan dapat mengacu kepada kaidah manajemen secara umum. Henry Fayol (1841-1925) mendefinisikan manajemen kedalam lima fungsi, *Planning, Organizing, Commanding, Coordinating, Controlling*.

2.5 Downtime

Pada dasarnya *downtime* didefinisikan sebagai waktu suatu komponen sistem tidak beroperasi, sehingga berakibat fungsi sistem tidak berjalan. Berdasarkan kenyataan bahwa pada dasarnya prinsip utama dalam manajemen perawatan adalah untuk menekan periode kerusakan sampai batas minimum, maka keputusan penggantian komponen sistem berdasarkan *downtime* minimum menjadi sangat penting.

2.6 Reliability Centered Maintenance (RCM)

RCM merupakan sebuah proses teknik logika untuk menentukan tugas-

tugas pemeliharaan yang akan menjamin sebuah perancangan sistem keandalan dengan kondisi pengoperasian yang spesifik pada sebuah lingkungan pengoperasian yang khusus. Penekanan terbesar pada RCM adalah menyadari bahwa konsekuensi atau resiko dari kegagalan adalah jauh lebih penting dari pada karakteristik teknik itu sendiri.

Berdasarkan prinsipnya RCM memelihara fungsional sistem memelihara agar fungsi sistem/alat tersebut sesuai dengan harapan dengan fokus kepada fungsi sistem daripada suatu komponen tunggal, mendefinisikan kegagalan sebagai kondisi yang tidak memuaskan atau tidak memenuhi harapan, sebagai ukurannya adalah berjalannya fungsi sesuai *standard performance* yang ditetapkan serta memberikan hasil-hasil yang nyata/jelas, tugas yang dikerjakan harus dapat menurunkan jumlah kegagalan atau paling tidak menurunkan tingkat kerusakan akibat kegagalan.

Tujuan dari RCM untuk membangun suatu prioritas desain untuk memfasilitasi kegiatan perawatan yang efektif, merencanakan *preventive maintenance* yang aman dan handal pada level-level tertentu dari sistem, mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan perbaikan item dengan berdasarkan bukti kehandalan yang tidak memuaskan. Untuk mencapai tujuan tersebut dengan biaya yang minimum, RCM sangat menitikberatkan pada penggunaan *preventive maintenance* dengan keuntungan dapat menjadi program perawatan yang paling efisien, biaya yang lebih rendah dengan mengeliminasi kegiatan perawatan yang tidak diperlukan, meminimisasi frekuensi *overhaul* dan peluang kegagalan peralatan secara mendadak, dapat memfokuskan kegiatan

perawatan pada komponen-komponen kritis, serta meningkatkan *reliability* komponen.

2.6.1 Pengumpulan Informasi dan Seleksi Pemilihan Sistem

Pengumpulan informasi berfungsi untuk mendapatkan gambaran dan pengertian yang lebih mendalam mengenai sistem dan bagaimana sistem bekerja. Pengumpulan informasi ini dapat digunakan dalam analisis RCM pada tahapan selanjutnya. Informasi yang dikumpulkan dapat melalui observasi langsung dilapangan, wawancara, dan sejumlah literatur. Pemilihan sistem sebaiknya terlebih dahulu membatasi masalah yang ada, proses analisis RCM dilakukan pada tingkat sistem bukan tingkat komponen. Dari tingkat sistem informasi yang diperoleh lebih jelas mengenai fungsi dan keagalannya.

2.6.2 Definisi Batasan Sistem

Jumlah sistem dalam suatu fasilitas atau pabrik sangat luas tergantung dari kekompleksitas fasilitas, karena itu perlu dilakukan definisi batasan sistem. Lebih jauh lagi pendefinisian batas sistem ini bertujuan untuk menghindari tumpang tindih antara suatu sistem dengan sistem lainnya.

2.6.3 Analisa Kegagalan Fungsi

Yaitu kegiatan untuk mendeskripsikan masing-masing sistem sub-sistem dan komponen/peralatan serta mengidentifikasi semua fungsi dan *interface* dengan sistem atau sub-sistem yang lain dan mengidentifikasi semua kegagalan fungsional.

2.6.4 Kriteria Tingkat Kritis (MSI)

Maintenance Significant Item dimaksudkan untuk melakukan pemilihan komponen yang layak untuk dilakukan perawatan atau tetap pada perencanaan perawatan yang sudah ada. Pemilihan dilakukan berdasarkan jenis kategori kekritisannya dari dampak kegagalan fungsional dari komponen yang secara fungsional diidentifikasi dalam fungsional sistem. Ada 4 kategori yang dipakai pada analisa, yaitu Keselamatan (*Safety*), Lingkungan (*Environment*), Ketersediaan (*Availability*) dan Biaya (*Cost*). Kategori kekritisannya yang telah diidentifikasi tersebut selanjutnya dipakai acuan untuk menghitung harga kekritisannya setiap kegagalan fungsional sistem, subsistem dan komponen sistem.

1. *Weight Factor Safety* = 0.3
2. *Weight Factor Environment* = 0.15
3. *Weight Factor Availability* = 0.3
4. *Weight Factor Cost* = 0.25

Adapun rumus mencari tingkat kekritisannya adalah :

$$\text{Critically} = (\text{Index Safety Digester} \times \text{Weight Factor Safety}) + (\text{Index Environment Digester} \times \text{Weight Factor Environment}) + (\text{Index Availability Digester} \times \text{Weight Factor Availability}) + (\text{Index Cost Digester} \times \text{Weight Factor Cost})$$

Skala indeks tingkat kekritisannya terbagi menjadi 3 skala yaitu. 1 (*Low*), 2 (*Mid*), 3 (*High*).

2.6.5 Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode And Effect Analysis dimulai dengan mendefinisikan mode kegagalan. selanjutnya mengidentifikasi dampak dari setiap mode kegagalan yang

terjadi dan nilai RPN. Proses analisa *FMEA* dilakukan pada komponen yang memiliki nilai kekritisitas yang lebih besar >1.5 . Pada tahap ini semua komponen yang termasuk ke dalam komponen *Maintenance Significant Item* di analisa tiap-tiap mode kegalan yang menjadi kegagalan fungsional. Dampak kegagalan dan nilai *Risk Priority Number (RPN)*. Nilai *Risk Priority Number* ditentukan oleh 3 faktor yaitu. tingkat keseriusan (*severity*), kejadian (*occurrence*) dan deteksi (*detection*) dengan skala parameter di hitung dengan rating antara 1 sampai 10. Kemudian nilai RPN yang didapat digunakan untuk menentukan tindakan pemeliharaan yang sesuai dengan nilai RPN.

2.6.6 *Logic Tree Analysis*

Untuk mengetahui kegagalan yang terlihat atau tersembunyi maka digunakan *Intermediate Decision Tree*, dimana mode kegagalan yang dianalisa dapat dikategorikan kedalam 4 kategori, yaitu :

1. Kategori A (Mode kegagalan berpengaruh terhadap keselamatan)
2. Kategori B (Mode kegagalan berpengaruh terhadap produksi)
3. Kategori C (Mode kegagalan berpengaruh terhadap non produksi)
4. Kategori D (Mode kegagalan tersembunyi)

Apabila jawaban pertanyaan mengarah ke mode kegagalan kepada kategori D, maka analisa dilanjutkan kembali untuk menentukan apakah item tersebut masuk kedalam kategori D/A, D/B atau D/C. Tiga hal penting dalam menentukan prioritas LTA, yaitu :

1. *Evident* yaitu apakah operator mengetahui telah terjadi gangguan pada sistem dalam kondisi normal ?

2. *Safety* yaitu apakah mode kerusakan ini menyebabkan masalah keselamatan ?
3. *Outage* yaitu apakah mode kerusakan ini mengakibatkan seluruh atau sebagian mesin berhenti ?

2.6.7 Task Selection

Pemilihan tindakan merupakan tahap akhir dari proses RCM. dari tiap mode kerusakan dibuat daftar tindakan yang efektif untuk dilakukan selanjutnya. dalam pelaksanaan pemilihan tindakan dapat dilakukan dengan 4 cara, yaitu :

1. *Time-Directed (TD)* adalah perawatan yang diarahkan secara langsung pada pencegahan kegagalan atau kerusakan.
2. *Condition-Directed (CD)* adalah perawatan yang diarahkan pada deteksi kegagalan atau gejala-gejala kerusakan.
3. *Failure-Finding (FF)* adalah perawatan yang diarahkan pada penemuan kegagalan tersembunyi.
4. *Run-to-Failure (RTF)* adalah perawatan yang didasarkan pada pertimbangan untuk menjalankan komponen hingga rusak karena pilihan lain tidak memungkinkan atau tidak menguntungkan dari segi ekonomi.

2.7. Kehandalan (*Reliability*)

Reliability dapat didefinisikan sebagai probabilitas suatu sistem dapat beroperasi dengan baik tanpa mengalami kerusakan pada suatu kondisi tertentu dan waktu yang telah ditentukan.

2.7.1 Pola Distribusi Data dalam Keandalan (*Reliability*)

Pola distribusi yang sering digunakan dalam bidang perawatan menurut ebeling (1997) dalam Keandalan (*Reliability*) antara lain :

1. Pola Distribusi Weibull

Distribusi ini mempunyai peranan penting dalam keandalan karena bersifat fleksibel. Distribusi weibull secara luas digunakan untuk sistem, sub-sistem dan komponen yang sudah usang dan mengalami degradasi konsep dasar keandalan dalam distribusi probabilitasnya.

a. Fungsi Kepadatan Probabilitas

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}}$$

b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}}$$

c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}}$$

d. Fungsi Laju Kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}$$

e. Waktu rata-rata kerusakan (MTTF)

$$MTTF = \theta \cdot r \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

f. Waktu rata-rata kerusakan (MTTR)

$$MTTR = \theta \cdot r \left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)$$

g. Variansi

$$\sigma^2 = \theta^2 \left[r \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) - r^2 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]$$

h. Parameter

$$\beta = b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$a = \bar{y} - b \bar{x}$$

$$\theta = e^{-\frac{a}{b}}$$

b disebut gradient dan a adalah intersep. Parameter β disebut dengan parameter bentuk atau kemiringan weibull (*weibull slope*), sedangkan parameter θ disebut dengan parameter skala atau karakteristik hidup. Bentuk fungsi distribusi weibull bergantung pada parameter bentuknya (β), yaitu:

$\beta < 1$: Distribusi weibull akan menyerupai distribusi *hyper-exponential* dengan laju kerusakan cenderung menurun.

$\beta = 1$: Distribusi weibull akan menyerupai distribusi eksponensial dengan laju kerusakan cenderung konstan.

$\beta > 1$: Distribusi weibull akan menyerupai distribusi normal dengan laju kerusakan cenderung meningkat.

2. Pola Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal merupakan distribusi yang berguna untuk menggambarkan distribusi kerusakan untuk situasi yang bervariasi. Distribusi lognormal banyak digunakan di bidang teknik, khususnya sebagai model untuk berbagai jenis sifat material dan kelelahan material.

Fungsi-fungsi dari distribusi Lognormal :

a. Fungsi Densitas

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t'-\pi'}{\sigma'}\right)^2}$$

b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$F(t) = \int_0^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t'-\pi'}{\sigma'}\right)^2} dt = \Phi\left(\frac{t'-\pi'}{\sigma'}\right)$$

c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = 1 - F(t) = \Phi\left(\frac{t'-\pi'}{\sigma'}\right)$$

d. Fungsi Laju Kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t'-\pi'}{\sigma'}\right)^2}}{\Phi\left(\frac{t'-\pi'}{\sigma'}\right)}$$

e. Waktu rata-rata kerusakan/perbaikan (MTTF/MTTR)

$$MTTF/MTTR = t_{med} \times e^{\frac{s^2}{2}}$$

f. Variansi

$$\sigma^2 = e^{2\omega' + \sigma'^2}$$

g. Parameter

$$s = \frac{1}{b}$$

$$t_{med} = e^{-sa}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

s adalah parameter bentuk dan t_{med} adalah parameter lokasi

3. Pola Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial sering digunakan dalam berbagai bidang, terutama dalam teori keandalan. Hal ini disebabkan karena pada umumnya data kerusakan mempunyai perilaku yang dapat dicerminkan oleh distribusi eksponensial. Distribusi eksponensial akan tergantung pada nilai λ , yaitu laju kegagalan (konstan). Fungsi-fungsi dari distribusi Eksponensial :

a. Fungsi Densitas

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

$$t > 0$$

b. Fungsi Distribusi Kumulatif

$$f(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

c. Fungsi Keandalan

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\lambda t}$$

d. Fungsi Laju Kerusakan

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

e. Waktu rata-rata kerusakan/perbaikan (MTTF/MTTR)

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

f. Variansi

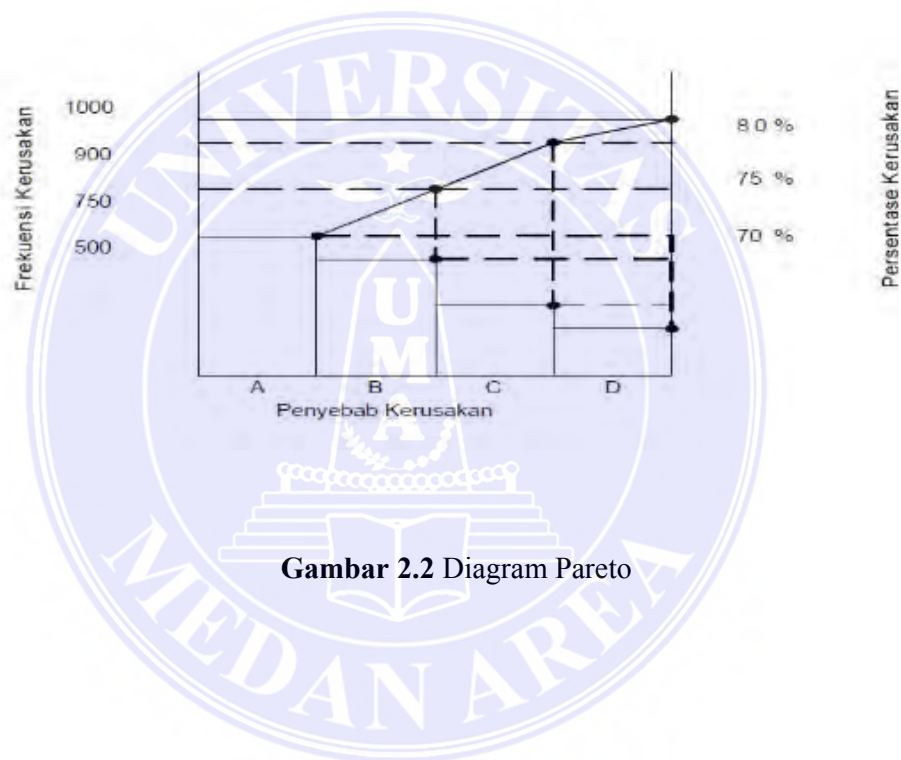
$$\sigma^2 = \frac{1}{\lambda^2}$$

g. Parameter

$$\lambda = \frac{n}{\sum_{i=1}^n t_i} = \text{failure rate}$$

2.8. Diagram Pareto

Diagram pareto adalah grafik yang digunakan untuk menganalisa suatu fenomena, agar dapat diketahui hal-hal yang prioritas dari fenomena tersebut. Model klasifikasi diagram pareto secara menurun mulai dari kiri ke kanan. Diagram pareto digunakan untuk mengidentifikasi masalah dari yang paling besar sampai yang paling kecil. Contoh diagram pareto dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 2.2 Diagram Pareto

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Teknik Pengumpulan Data

1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada perusahaan pengolahan kelapa sawit PT. Perkebunan Nusantara II Pagar Merbau, Kabupaten Deli Serdang yang berlokasi diantara Kota Lubuk Pakam dan Desa Galang. penelitian dilakukan dalam masa 1 bulan.

2. Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat *Case Study* yang bertujuan menganalisa suatu objek untuk memberikan gambaran secara detil berdasarkan latar belakang suatu permasalahan yang ada pada perusahaan (Sinulingga, 2011).

3. Objek Penelitian

Objek yang diteliti adalah pada mesin proses produksi yang berada pada areal pabrik, yaitu mesin *digester*.

4. Sampel

Dalam penelitian ini sampel yang digunakan adalah mesin produksi pada lantai produksi yaitu, *Sterilizer*, *Thresher*, *Digester*, *Screw Press*, *Sand Trap*, *Vibrating Screen* dan *Vacuum Dryer*.

3.2 Variabel

Variabel adalah segala sesuatu yang dapat memiliki atau mengambil nilai yang berbeda atau bervariasi (Sinulingga, 2011). Ada dua jenis variabel yaitu sebagai berikut.

1. Variabel *Independent*

Variabel *independent* disebut juga variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi variabel *dependent* yang menjadi suatu penyebab perubahan dan timbulnya variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah :

- a. Jam operasi
- b. *Downtime*

2. Variabel *Dependent*

Variabel *dependent* disebut juga variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi dan timbul karena adanya variabel *independent*. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah *Breakdown* dimana suatu mesin tidak dapat beroperasi akibat adanya kerusakan.

3.3 Jenis dan Sumber Data

Adapun data yang telah dikumpulkan terbagi menjadi dua, yaitu :

1. Data primer
 - a. Sistem perawatan saat ini
 - b. Kondisi mesin produksi
2. Data sekunder
 - a. History kerusakan mesin produksi
 - b. Jam produksi

- c. Waktu perbaikan dan kerusakan mesin produksi

3.4 Analisa Data

Analisa yang dilakukan dengan analisis kuantitatif. Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah :

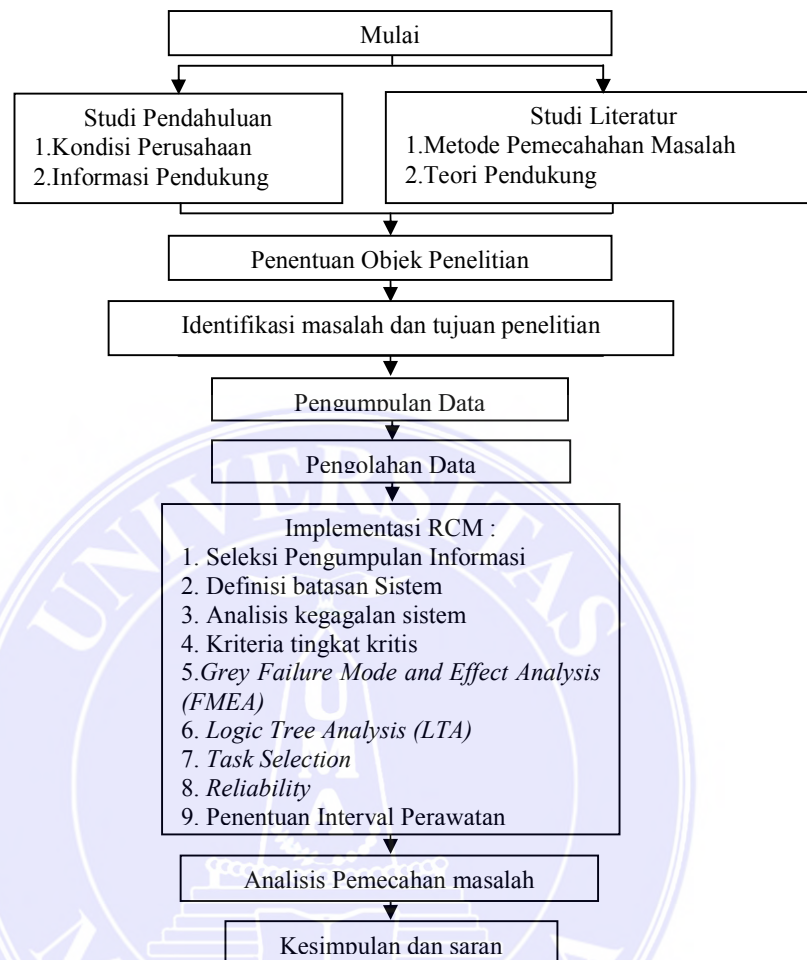
1. Mengetahui proses produksi
2. Mempelajari sistem kerja mesin-mesin produksi
3. Melakukan perbandingan kerusakan antar setiap mesin produksi dengan diagram pareto
4. Menentukan tingkat kritis (*Maintenance significant item*)

3.5 Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pertama dimulai dengan studi pendahuluan untuk mengetahui kondisi perusahaan, sistem kerja, informasi dukungan yang dibutuhkan dan literatur untuk pemecahan masalah.
2. Melakukan pengumpulan data primer dan sekunder.
3. Mengolah data yang telah dikumpulkan.
4. Melakukan analisis terhadap data yang telah dikumpulkan, yaitu :
 - a. Menentukan tingkat kritis
 - b. Menentukan tindakan perawatan
 - c. Menentukan interval perawatan
5. Menarik kesimpulan dan saran terhadap pemecahan masalah.

Untuk melihat sistematika dalam penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.

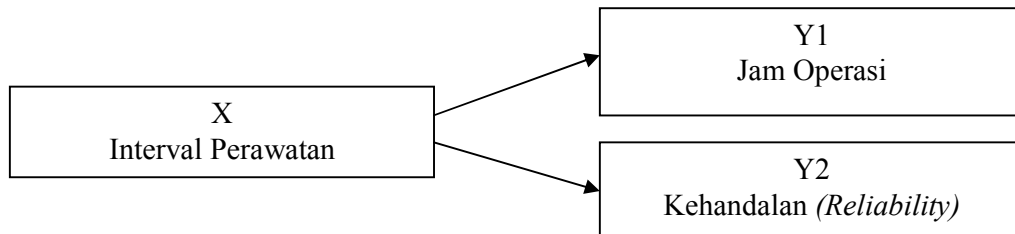


Gambar 3.1. Diagram Prosedur Penelitian

3.6 Kerangka Konseptual

Untuk memudahkan kelancaran penulisan penelitian ini, maka diperlukan kerangka konseptual yang baik sehingga penelitian dapat dilaksanakan secara sistematis. Proses produksi akan berjalan jika ada permintaan pasar (*Make to Order*), berdasarkan hal tersebut maka kehandalan mesin sangat diperhatikan untuk keberlangsungan produksi sesuai dengan target, maka dengan metode ini dapat merancang perawatan untuk meminimalisir kegagalan sehingga proses

produksi dapat berjalan secara berkelanjutan. Kerangka konsep penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kerangka Konseptual

Menurut Igor Balovksy menyatakan konsep modern reliabilitas adalah kemampuan suatu peralatan untuk tidak rusak selama operasi. Menurut Ebeling (1997) kehandalan adalah ukuran kemampuan komponen atau peralatan secara terus menerus pada periode waktu tertentu, ada beberapa hal yang sehubungan dengan reliabilitas, yaitu probabilitas yang mempunyai umur yang berbeda-beda yang memiliki rata-rata hidup tertentu, waktu kehandalan suatu system yang dinyatakan dalam suatu periode waktu tertentu. Menurut Ebeling (1997) berdasarkan fungsi distribusi kumulatifnya digambarkan melalui probabilitas suatu komponen mengalami kegagalan sebelum waktu (t) serta fungsi reliabilitasnya yang dinyatakan kemungkinan suatu system atau komponen berfungsi hingga waktu tertentu (t).

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Langkah Implementasi RCM

Proses RCM mempunyai suatu bentuk keluaran (*output*) berupa tabel *task*. *task* ini berbentuk tabel yang nantinya akan dicatat dan ditinjau ulang sebagai langkah-langkah dalam proses RCM. Langkah implementasi RCM adalah :

1. Seleksi Pengumpulan Data dan Informasi
2. Definisi batasan Sistem
3. Analisis kegagalan sistem
4. Kriteria tingkat kritis
5. *Grey Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*
6. *Logic Tree Analysis (LTA)*
7. *Task Selection*
8. *Reliability*
9. Penentuan Interval Perawatan

4.1.1. Seleksi Pengumpulan Data dan Informasi

Pengumpulan data yang dilakukan mulai dari April 2017 hingga Maret 2018 pada mesin produksi yaitu, mesin *Sterilizer*, *Thresher*, *Digester*, *Screw Press*, *Sand Trap*, *Vibrating Screen* dan *Vacum Dryer* pada PT.Perkebunan Nusantara II Pagar Merbau. Pengamatan dilakukan dengan cara wawancara dan melihat secara menyeluruh proses dan sistem manajemen pabrik, tabel berikut menunjukkan jam produksi dan *breakdown*.

Tabel 4.1 Jam Produksi PT.Perkebunan Nusantara II Pagar Merbau

Bulan	Jumlah Jam Kerja Tersedia (Jam)
April 2017	194
Mei 2017	258
Juni 2017	242
Juli 2017	148
Agustus 2017	252
September 2017	194
Oktober 2017	258
November 2017	194
Desember 2017	254
Januari 2018	192
Februari 2018	256
Maret 2018	254
Junlah	2696

Sumber : Departemen Perawatan PT. Perkebunan Nusantara II, Pagar Merbau

Tabel 4.2 Frekuensi *Breakdown* Mesin Produksi PT.Perkebunan Nusantara II Pagar Merbau

Mesin	Jumlah Kegagalan	Waktu Perbaikan Rata-rata (Menit)
Sterilizer	6	127
Thresher	12	62
Digester	25	204
Screw Press	16	195
Sand Trap	4	36
Vibrating Screen	10	50
Vacum Dryer	14	79

Sumber : Departemen Perawatan PT. Perkebunan Nusantara II, Pagar Merbau

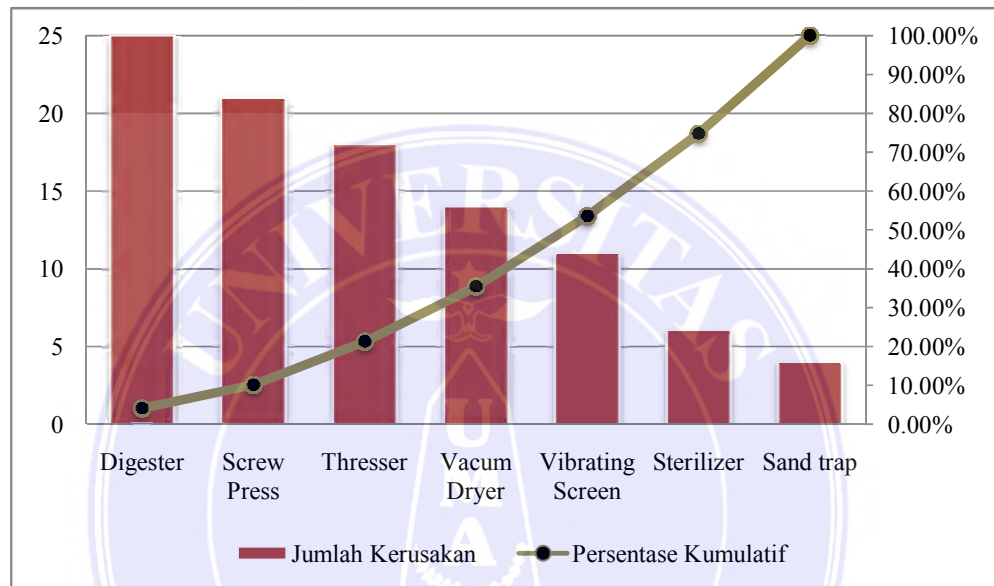
dari Tabel 4.1 perbandingan jumlah kegagalan mesin dengan waktu perbaikan rata-rata dalam satu kali perbaikan, selanjutnya diolah kedalam Tabel 4.2 menjadi persentase kumulatif diagram pareto yang tertera pada tabel berikut.

Tabel 4.3 Persentase Kumulatif Diagram Pareto

Mesin	Jumlah Kegagalan	Persentase Jumlah Kerusakan	Persentase Kumulatif
Sand Trap	4	4.04%	4.04%
Sterilizer	6	6.06%	10.11%
Vibrating Screen	11	11.11%	21.22%

Tabel 4.3 (Lanjutan)

Vacum Dryer	14	14.14%	35.36%
Thresher	18	18.18%	53.54%
Screw Press	21	21.21%	74.75%
Digester	25	25.25%	100%
Total	99	100%	

**Gambar 4.1** Diagram Pareto *Breakdown* Mesin Berdasarkan Tabel 4.3

4.1.2. Definisi Batasan Sistem

Definisi Batasan Sistem dilakukan untuk membatasi dan menggradasi sistem yang akan dianalisa. Proses Definisi Batasan Sistem meliputi pengkodifikasian sistem, menguraikan fungsi sistem, subsistem dan komponen.

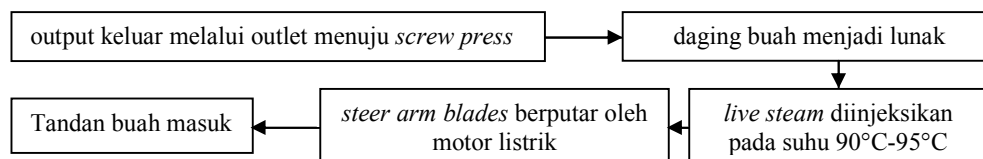
Tabel 4.4 Identifikasi Sistem Peralatan

Kode peralatan	Sistem Utama Peralatan	kelas	Kode peralatan	Sistem Utama Peralatan	kelas
1	<i>Weight Bridge</i>	1	6	<i>Auto Feeder</i>	3
2	<i>Lorry</i>	3	7	<i>Tippler</i>	1
3	<i>Sterilizer</i>	1	8	<i>Thresher</i>	1
4	<i>Hoisting Crane</i>	3	9	<i>Empty Bunch Conveyor</i>	2
5	<i>Hopper</i>	3			

Tabel 4.4 (Lanjutan)

10	<i>Bottom Cross Conv</i>	2	25	<i>Crude Oil Tank</i>	4
11	<i>Dist. Conveyor</i>	2	26	<i>Vacum Dryer</i>	1
12	<i>MPD Conveyor</i>	2	27	<i>Boiler</i>	1
13	<i>Digester</i>	1	28	<i>Gas Turbine</i>	1
14	<i>Screw Press</i>	1	29	<i>Diesel Generator Set</i>	3
15	<i>Cake Breaker</i>	2	30	<i>Anion Kation Exchanger</i>	4
16	<i>Depericaper</i>	2	31	<i>Motor Blower</i>	4
17	<i>Polishing Drum</i>	2	32	<i>Continuos Setting Tank</i>	4
18	<i>Nut Elevator</i>	2	33	<i>Oil Tank</i>	4
19	<i>Nut Hopper</i>	2	34	<i>Storage Tank</i>	4
20	<i>Ripple Mill</i>	1	35	<i>Nut Silo</i>	4
21	<i>Kernel Grading Drum</i>	3	36	<i>Kernel Drying</i>	4
22	<i>Kernel Conveyor</i>	2			
23	<i>Mixture Conveyor</i>	2			
24	<i>Vibro Separator</i>	1			

Dari hasil penguraian sistem peralatan diatas maka implementasi *Reliability Centered Maintenance (RCM)* berdasarkan batasan masalah objek difokuskan kepada kode peralatan 13 yaitu *Digester*. *Digester* adalah sebuah tabung silinder pelapis dan mempunyai as putar yang dilengkapi dengan pisau pengaduk atau *steering arm* yang berisi Pisau-pisau (*Blades*) dengan putaran 25 Rpm dengan as *vertical*. pengadukan juga dibantu oleh *live steam injection* kedalam bejana dengan suhu 90°C hingga 95°C sehingga daging buah menjadi lunak dan dengan mudah minyak sawit terpisah dari daging buah kemudian diolah pada mesin *screw press*.

**Gambar 4.2** Alur Proses Mesin *Digester*

Data dan informasi mengenai sistem pada *Digester* dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 4.5 Informasi Sistem Peralatan *Digester*

Kode peralatan	Nama Sistem	Fungsi Sistem
13.0	<i>Flexible Coupling</i>	Penghubung daya yang disalurkan oleh putaran motor.
13.1	<i>Main Motor</i>	Sumber Putaran dari energy listrik untuk menggerakkan poros lengan pada <i>digester</i> .
13.3	<i>Steer Arm</i>	Poros sebagai putaran pengaduk <i>Arm</i>
13.4	<i>Liner Cylinder</i>	Tabung sebagai pelapis pada <i>digester</i>
13.5	<i>Bottom Plate</i>	Lantai sebagai penampung dan saluran minyak

Tabel 4.6 Identifikasi Sistem, Subsistem dan Komponen

ID Sistem	Sistem	ID Subsistem	Subsistem	ID Komponen	Nama Komponen
13.0	<i>Flexible Coupling</i>	13.0.01	<i>Gear Box</i>	13.0.01.01	<i>Coupling Luck Nut</i>
					<i>Worm Gear</i>
				13.0.01.02	<i>Helical Speed Reducer</i>
		13.0.02	<i>Oil Crankcase</i>	13.0.01.03	<i>Pin Coupling</i>
				13.0.02.01	<i>Fluid Coupling</i>
				13.0.02.02	<i>Oil Seal</i>
13.1	<i>Main Motor</i>	13.1.01	<i>Bearing House</i>	13.1.01.01	<i>Bearing</i>
				13.1.01.02	<i>Spacer</i>
				13.1.02.01	<i>Breaker</i>
		13.1.02	<i>30 Kw 1450 Cage Motor</i>	13.1.02.02	<i>Dimmer Control</i>
				13.1.02.03	<i>Cable wire</i>
				13.1.02.04	<i>Stator</i>
				13.1.02.05	<i>Rotor</i>
				13.1.02.06	<i>Fan Blades</i>
				13.2.01.01	<i>V.Block</i>
13.2	<i>Steer Arm</i>	13.2.01	<i>Shaft Driver</i>		<i>Short Arm</i>
				13.2.01.02	<i>Long Arm Expeller Arm</i>
13.3	<i>Liner Cylinder</i>	13.3.01	<i>Wear Plate</i>	13.3.01.01	<i>Rockwool</i>
				13.3.01.02	<i>Temp. Gauge</i>
13.4	<i>Bottom Plate</i>	13.4.01	<i>High Bottom Plate</i>	13.4.01.01	<i>Steam Injection</i>
				13.4.01.02	<i>Bottom Plate Perforated</i>
				13.4.01.03	<i>Chute</i>
		13.4.02	<i>Low Bottom Plate</i>	13.4.02.01	<i>Bush</i>
				13.4.02.02	<i>Shaft Holder</i>

4.1.3. Analisa Kegagalan Sistem

Analisa kegagalan sistem adalah prosedur mendeskripsikan masing-masing subsistem dan komponen/peralatan serta mengidentifikasi semua fungsi dan *interface* dengan sistem atau subsistem yang lain dengan mengidentifikasi semua kegagalan fungsional. Adapun informasi mengenai kegagalan sistem dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.7 Identifikasi Informasi Kegagalan Sistem

ID Kegagalan Sistem	ID Kegagalan Subsistem	ID Kegagalan Komponen	Deskripsi Kegagalan Sistem	Deskripsi Kegagalan Subsistem	Deskripsi Kegagalan Komponen
13.0	13.0.01	13.0.01.01	Poros kopling tidak bergerak	Poros tidak berputar	Poros terlepas
		13.0.01.02			Poros tidak berputar
		13.0.01.03			Poros tidak stabil
	13.0.02	13.0.02.01		Komponen tidak terlumasi	Friksi tinggi
		13.0.02.02			Oli bocor
13.1	13.1.01	13.1.01.01		Penggunaan bearing tidak dapat diinstalasi	Poros tidak stabil
		13.1.01.02			Poros tidak stabil
	13.1.02	13.1.02.01	Motor tidak beroperasi	Motor tidak bergerak	Motor tidak hidup
		13.1.02.02			Putaran motor tidak sesuai dengan kebutuhan
		13.1.02.03			Arus listrik tidak tersalurkan
		13.1.02.04			Arus listrik tidak tersalurkan
		13.1.02.05			Rotor mati

Tabel 4.7 (Lanjutan)

		13.1.02.06			Motor panas
		13.2.01.01	Lengan tidak bergerak	Poros tidak berputar	Poros lengan terlepas dan tidak <i>center</i>
13.2	13.2.01	13.2.02.01			Adukan tidak sempurna
		13.3.01.01	Tandan buah tidak dapat diolah	Panas tidak merata dan konstruksi digester lemah	Suhu tinggi dan tidak merata
13.3	13.3.01	13.3.02.01			Suhu tidak sesuai kebutuhan
		13.4.01.01		Tandan buah tersangkut dan oil <i>losses</i> tinggi	Gas uap tidak terinjeksi
	13.4.01	13.4.01.02			Minyak mengendap
		13.4.01.03	Tandan buah tersangkut dan oil <i>losses</i> tinggi		Buah tidak dapat keluar
13.4		13.4.02.01		Poros <i>Steer Arm</i> tidak dapat ditopang	Putaran <i>Steer Arm</i> tidak stabil
	13.4.02	13.4.02.02			Steer arm tidak dapat ditopang

4.1.4. Kriteria Tingkat Kritis (*Maintenance Significant Item*)

Selanjutnya dalam menghitung MSI harga kritis ditentukan oleh pihak Perusahaan yang terdapat pada Lampiran 1. Harga kritis diperoleh dengan menjumlah perkalian setiap kategori dengan *weight factor*.

$$1. \text{ Weight Factor Safety} = 0.3$$

2. *Weight Factor Environment* = 0.15
3. *Weight Factor Availability* = 0.3
4. *Weight Factor Cost* = 0.25

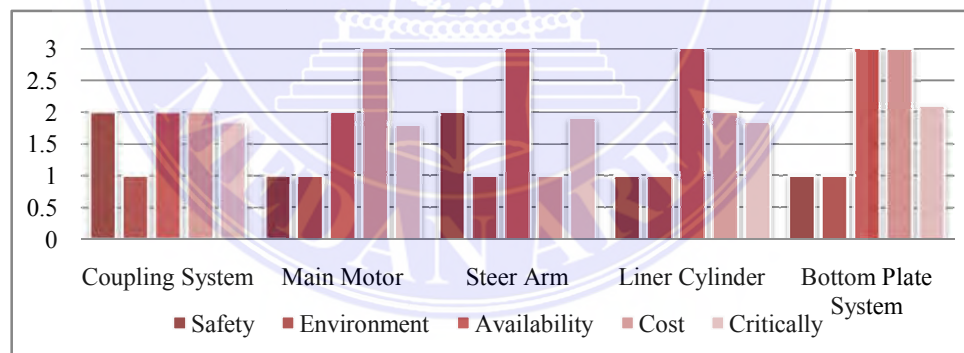
Adapun rumus mencari tingkat kekritisitas adalah :

$$\text{Critically} = (\text{Index Safety Digester} \times \text{Weight Factor Safety}) + (\text{Index Environment Digester} \times \text{Weight Factor Environment}) + (\text{Index Availability Digester} \times \text{Weight Factor Availability}) + (\text{Index Cost Digester} \times \text{Weight Factor Cost})$$

Identifikasi skala indeks Digester ada pada tabel berikut.

Tabel 4.8 Indeks Kekritisitas Sistem Utama Digester

Sistem	<i>Safety</i>	<i>Environment</i>	<i>Availability</i>	<i>Cost</i>	<i>Critically</i>
<i>Coupling System</i>	2	1	2	2	1.85
<i>Main Motor</i>	1	1	2	3	1.8
<i>Steer Arm</i>	2	1	3	1	1.9
<i>Liner Cylinder</i>	1	1	3	2	1.85
<i>Bottom Plate System</i>	1	1	3	3	2.1



Gambar 4.3 *Critically Assesment* Sistem Utama Mesin Digester PT.Perkebunan Nusantara II Pagar Merbau

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

Failure Mode And Effect Analysis dimulai dengan mendefinisikan mode kegagalan. Selanjutnya mengidentifikasi dampak dari setiap mode kegagalan yang terjadi dan nilai RPN. Proses analisa FMEA dilakukan pada komponen yang

memiliki nilai kekritisitas yang lebih besar >1.5 pada MSI. pada tahap ini semua komponen termasuk ke dalam komponen Kritis *Maintenance Significant Item (MSI)*. Nilai *Risk Priority Number* ditentukan oleh 3 faktor yaitu, tingkat keseriusan (*severity*), kejadian (*occurrence*) dan deteksi (*detection*). Penentuan rating RPN dilakukan oleh pihak perusahaan menggunakan kuisioner yang ada pada Lampiran 2. Data tersebut akan diolah dalam *potential failure* dan *potential effect* dalam tabel berikut.

Tabel 4.9 Deskripsi Mode Kegagalan dan Penentuan Nilai RPN

ID Sistem	Sistem	Potential failure mode	Potential effect failure	S	O	D	RPN
13.0.01.01	<i>Coupling Luck Nut</i>	Gear Terlepas	Gear tidak Bergerak	10	2	1	20
13.0.01.02	<i>Worm Gear Helical Speed Reducer</i>	Putaran tidak berjalan normal	<i>Steer Arm</i> tidak bergerak	6	3	1	18
13.0.01.03	<i>Pin Coupling</i>	Melengkung dan terkikis	Putaran gear tidak <i>center</i>	6	3	1	18
13.0.02.01	<i>Fluid Coupling</i>	Friksi tinggi	Komponen gear aus	4	6	5	120
13.0.02.02	<i>Oil Seal</i>	Oli bocor	Pelumasan tidak sempurna	5	4	7	140
13.1.01.01	<i>Bearing</i>	Aus	Putaran tidak stabil	4	6	7	168
13.1.01.02	<i>Spacer</i>	Bearing tidak dapat di instalasi	Gear tidak bergerak	5	3	7	105
13.1.02.01	<i>Breaker</i>	Motor tidak hidup	Mesin tidak beroperasi	5	6	1	30
13.1.02.02	<i>Dimmer Control</i>	Putaran tidak diketahui	Pengadukan tidak sempurna	5	5	1	25
13.1.02.03	<i>Cable wire</i>	Terbakar	Motor tidak hidup	6	4	1	24
13.1.02.04	<i>Stator</i>	Tidak ada arus listrik	Motor tidak hidup	8	3	4	96
13.1.02.05	<i>Rotor</i>	Tidak ada arus listrik	Motor tidak hidup	8	3	4	96
13.1.02.06	<i>Fan Blades</i>	Sirip	Motor <i>overheat</i>	5	2	7	70

Tabel 4.9 (Lanjutan)

		melengkung dan patah					
13.2.01.01	<i>V.Block</i>	Aus	Arm tidak dapat di instalasi	8	4	7	224
13.2.01.02	<i>Short Arm Long Arm Expeller Arm</i>	Aus, Melengkung dan patah	Buah tidak terlumat	8	6	8	384
13.3.01.01	<i>Rockwool</i>	Tipis	Panas silinder tidak merata	4	2	10	80
13.3.01.02	<i>Temp. Gauge</i>	Suhu tidak diketahui	Pelunakan buah tidak sempurna	3	4	3	36
13.4.01.01	<i>Steam Injection</i>	Gas uap tidak terinjeksi	Buah tidak dapat di rolah	5	6	6	180
13.4.01.02	<i>Bottom Plate Perforated</i>	Minyak mengendap	Mesin kotor dan <i>oil losses</i> tinggi	5	4	5	25
13.4.01.03	<i>Chute</i>	Buah tersangkut	Mesin berhenti	3	1	1	3
13.4.02.01	<i>Bush</i>	Aus dan terkikis	Putaran <i>steer arm</i> tidak stabil	5	4	8	160
13.4.02.02	<i>Shaft Holder</i>	Aus dan terkikis	<i>Steer Arm</i> tidak dapat ditopang	6	3	4	72
Total							2094

Selanjutnya menentukan *task selection* berdasarkan nilai pada RPN. *Task selection* yang telah diolah dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.10 Penentuan *Task Selection* Berdasarkan RPN

ID Sistem	Sistem	RPN	<i>Task Master</i>	<i>Classification</i>
13.0.01.01	<i>Coupling Luck Nut</i>	20	<i>No Maintenance (RTF)</i>	N
13.0.01.02	<i>Helical Worm Gear</i>	18	<i>No Maintenance (RTF)</i>	N
13.0.01.03	<i>Pin Coupling</i>	18	<i>No Maintenance (RTF)</i>	N
13.0.02.01	<i>Fluid Coupling</i>	120	<i>Low Maintenance (RTF)</i>	L
13.0.02.02	<i>Oil Seal</i>	140	<i>Low Maintenance (RTF)</i>	L

Tabel 4.10 (Lanjutan)

13.1.01.01	<i>Bearing</i>	168	<i>Low Maintenance (RTF)</i>	L
13.1.01.02	<i>Spacer</i>	105	<i>Low Maintenance (RTF)</i>	L
13.1.02.01	<i>Breaker</i>	30	<i>No Maintenance (RTF)</i>	N
13.1.02.02	<i>Dimmer Control</i>	25	<i>No Maintenance (RTF)</i>	N
13.1.02.03	<i>Cable wire</i>	24	<i>No Maintenance (RTF)</i>	N
13.1.02.04	<i>Stator</i>	96	<i>No Maintenance (RTF)</i>	N
13.1.02.05	<i>Rotor</i>	96	<i>No Maintenance (RTF)</i>	N
13.1.02.06	<i>Fan Blades</i>	70	<i>No Maintenance (RTF)</i>	N
13.2.01.01	<i>V.Block</i>	224	<i>Adequate Maintenance</i>	M
	<i>Short Arm</i>			
13.2.01.02	<i>Long Arm</i>	384	<i>Adequate Maintenance</i>	M
	<i>Expeller Arm</i>			
13.3.01.01	<i>Rockwool</i>	80	<i>No Maintenance (RTF)</i>	N
13.3.01.02	<i>Temp. Gauge</i>	36	<i>No Maintenance (RTF)</i>	N
13.4.01.01	<i>Steam Injection</i>	180	<i>Low Maintenance (RTF)</i>	L
13.4.01.02	<i>Bottom Plate Perforated</i>	25	<i>No Maintenance (RTF)</i>	N
13.4.01.03	<i>Chute</i>	3	<i>No Maintenance (RTF)</i>	N
13.4.02.01	<i>Bush</i>	160	<i>Low Maintenance (RTF)</i>	L
13.4.02.02	<i>Shaft Holder</i>	72	<i>No Maintenance (RTF)</i>	N

Selanjutnya dari Tabel 4.9 diolah kedalam bentuk diagram pareto Gambar 4.4 berdasarkan RPN kumulatif pada Tabel 4.11.

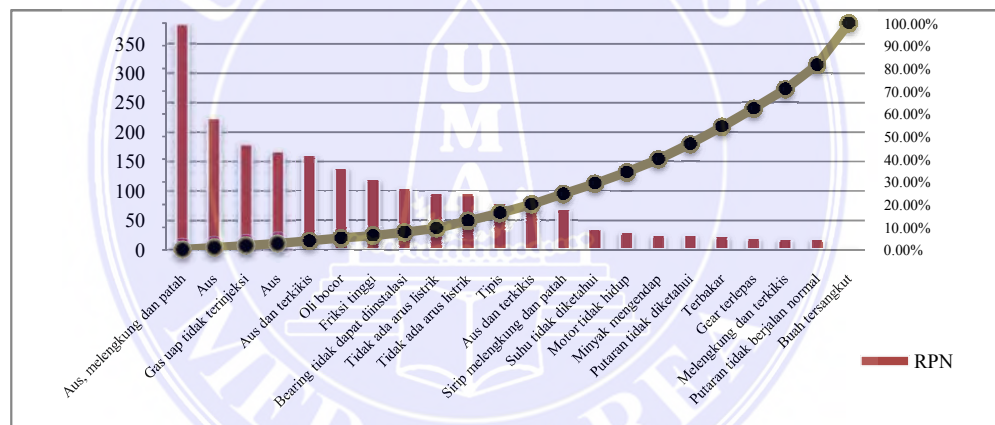
Tabel 4.11 RPN Kumulatif

No	<i>Potential Failure Mode</i>	RPN	Persentase RPN Total	Persentase RPN Kumulatif
1	Buah tersangkut	3	0.14%	0.14%
2	Putaran tidak berjalan normal	18	0.86%	1.01%
3	Melengkung dan terkikis	18	0.86%	1.87%
4	Gear terlepas	20	0.96%	2.83%
5	Terbakar	24	1.15%	3.98%
6	Putaran tidak diketahui	25	1.19%	5.17%
7	Minyak mengendap	25	1.19%	6.36%
8	Motor tidak hidup	30	1.43%	7.79%
9	Suhu tidak diketahui	36	1.72%	9.51%
10	Sirip melengkung dan patah	70	3.34%	12.85%
11	Aus dan terkikis	72	3.44%	16.29%
12	Tipis	80	3.82%	20.11%

Tabel 4.11 (Lanjutan)

13	Tidak ada arus listrik	96	4.58%	24.69%
14	Tidak ada arus listrik	96	4.58%	29.27%
15	Bearing tidak dapat diinstalasi	105	5.01%	34.28%
16	Friksi tinggi	120	5.73%	40.01%
17	Oli bocor	140	6.69%	46.70%
18	Aus dan terkikis	160	7.64%	54.34%
19	Aus	168	8.02%	62.36%
20	Gas uap tidak terinjeksi	180	8.60%	70.96%
21	Aus	224	10.70%	82%
22	Aus, melengkung dan patah	384	18.34%	100%
Total		2094	100%	

berdasarkan dari Tabel RPN Kumulatif maka dalam diagram pareto sebagai berikut.

**Gambar 4.4** Diagram Pareto Nilai RPN

Langkah–langkah penentuan nilai RPN dengan menggunakan metode Grey FMEA, yaitu :

1. Membangun Seri Perbandingan

Pada tahap ini nilai *severity*, *occurance* dan *detection* dimasukkan pada masing-masing tipe kegagalan

$$\text{Komponenten} = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ x_1 & x_2 & x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 & 2 & 1 \\ 6 & 3 & 1 \\ 6 & 3 & 1 \\ 4 & 6 & 5 \\ 5 & 4 & 7 \\ 4 & 4 & 7 \\ 5 & 3 & 7 \\ 6 & 5 & 1 \\ 5 & 5 & 1 \\ 6 & 4 & 1 \\ 8 & 3 & 4 \\ 8 & 3 & 4 \\ 5 & 2 & 7 \\ 8 & 4 & 7 \\ 8 & 4 & 8 \\ 4 & 2 & 10 \\ 3 & 4 & 3 \\ 5 & 6 & 6 \\ 5 & 4 & 5 \\ 3 & 1 & 1 \\ 5 & 4 & 8 \\ 6 & 3 & 4 \end{bmatrix}$$

2. Menetapkan Seri Standar

Standar yang ditetapkan adalah nilai terkecil yang terdapat pada *severity*, *occurance* dan *detection*.

$$X_0 = [X_0(1) \ X_0(2) \ X_0(3)] = [3 \ 1 \ 1]$$

3. Mencari perbedaan antara seri standar dan seri perbandingan

Pada tahap ini dilakukan pengurangan nilai dari seri perbandingan dengan seri standar.

$$\Delta_{0i} = \|X_i(j) - X_0(j)\|$$

Dimana : $i = 1. 2. 3 \dots, n$

j = 1, 2, dan 3

$$\Delta 01(1) = 10 - 3 = 7$$

$$\Delta_{01}(2) = 2 - 1 = 1$$

$$\Delta_{01}(3) = 1 - 1 = 0$$

$\Delta 02 (1) = 6 - 3 = 3$	$\Delta 09 (1) = 5 - 3 = 2$	$\Delta 16 (1) = 4 - 3 = 1$
$\Delta 02 (2) = 3 - 1 = 2$	$\Delta 09 (2) = 5 - 1 = 4$	$\Delta 16 (2) = 2 - 1 = 1$
$\Delta 02 (3) = 1 - 1 = 0$	$\Delta 09 (3) = 1 - 1 = 0$	$\Delta 16 (3) = 10 - 1 = 9$
$\Delta 03 (1) = 6 - 3 = 3$	$\Delta 10 (3) = 6 - 3 = 3$	$\Delta 17 (1) = 3 - 3 = 0$
$\Delta 03 (2) = 3 - 1 = 2$	$\Delta 10 (1) = 4 - 1 = 3$	$\Delta 17 (2) = 4 - 1 = 3$
$\Delta 03 (3) = 1 - 1 = 0$	$\Delta 10 (1) = 1 - 1 = 0$	$\Delta 17 (3) = 3 - 1 = 2$
$\Delta 04 (1) = 4 - 3 = 1$	$\Delta 11 (1) = 8 - 3 = 5$	$\Delta 18 (1) = 5 - 3 = 2$
$\Delta 04 (2) = 6 - 1 = 5$	$\Delta 11 (2) = 3 - 1 = 2$	$\Delta 18 (2) = 6 - 1 = 5$
$\Delta 04 (3) = 5 - 1 = 4$	$\Delta 11 (3) = 4 - 1 = 3$	$\Delta 18 (3) = 6 - 1 = 5$
$\Delta 05 (1) = 5 - 3 = 2$	$\Delta 12 (1) = 8 - 3 = 5$	$\Delta 19 (1) = 5 - 3 = 2$
$\Delta 05 (2) = 4 - 1 = 3$	$\Delta 12 (2) = 3 - 1 = 2$	$\Delta 19 (2) = 4 - 1 = 3$
$\Delta 05 (3) = 7 - 1 = 6$	$\Delta 12 (3) = 4 - 1 = 3$	$\Delta 19 (3) = 5 - 1 = 4$
$\Delta 06 (1) = 4 - 3 = 1$	$\Delta 13 (1) = 5 - 3 = 2$	$\Delta 20 (3) = 3 - 3 = 0$
$\Delta 06 (2) = 6 - 1 = 5$	$\Delta 13 (2) = 2 - 1 = 1$	$\Delta 20 (1) = 1 - 1 = 0$
$\Delta 06 (3) = 7 - 1 = 6$	$\Delta 13 (3) = 7 - 1 = 6$	$\Delta 20 (1) = 1 - 1 = 0$
$\Delta 07 (1) = 5 - 3 = 2$	$\Delta 14 (1) = 8 - 3 = 5$	$\Delta 21 (1) = 5 - 3 = 2$
$\Delta 07 (2) = 3 - 1 = 2$	$\Delta 14 (2) = 6 - 1 = 5$	$\Delta 21 (2) = 4 - 1 = 3$
$\Delta 07 (3) = 7 - 1 = 6$	$\Delta 14 (3) = 8 - 1 = 7$	$\Delta 21 (3) = 8 - 1 = 7$
$\Delta 08 (1) = 6 - 3 = 3$	$\Delta 15 (1) = 8 - 3 = 5$	$\Delta 22 (1) = 6 - 3 = 3$
$\Delta 08 (2) = 5 - 1 = 4$	$\Delta 15 (2) = 4 - 1 = 3$	$\Delta 22 (2) = 3 - 1 = 2$
$\Delta 08 (3) = 1 - 1 = 0$	$\Delta 15 (3) = 8 - 1 = 7$	$\Delta 22 (3) = 4 - 1 = 3$

4. Menghitung Koefisien Relasional *Grey*

Untuk menghitung koefisien relasional, faktor keputusan dari model kegagalan dibandingkan dengan seri standar. Perhitungan pada langkah keempat ini adalah sebagai berikut :

- a. Carilah nilai maximum dan minimum pada langkah ketiga

$$\Delta 0i \text{ min} = 0$$

$$\Delta 0i \text{ max} = 9$$

- b. ζ adalah berupa identifikasi, hanya mempengaruhi nilai relatif dari resiko tanpa mengubah prioritas, Nilai ζ yang biasanya digunakan adalah 0.5. Rumus yang digunakan dalam menghitung koefisien relasi *grey* adalah :

$$\gamma_{oi}(k) = \frac{\Delta \text{min} + \zeta \Delta \text{max}}{\Delta 0j(j) + \zeta \Delta \text{max}}$$

Dimana : $i = 1. 2. 3 \dots, n$

$j = 1. 2. \text{ dan } 3$

$$\gamma_{01}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{7 + 0.5 \times 9} = 0.391$$

$$\gamma_{02}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{0 + 0.5 \times 9} = 1$$

$$\gamma_{01}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{1 + 0.5 \times 9} = 0.818$$

$$\gamma_{03}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{3 + 0.5 \times 9} = 0.6$$

$$\gamma_{01}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{0 + 0.5 \times 9} = 1$$

$$\gamma_{03}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{2 + 0.5 \times 9} = 0.692$$

$$\gamma_{02}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{3 + 0.5 \times 9} = 0.6$$

$$\gamma_{03}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{0 + 0.5 \times 9} = 1$$

$$\gamma_{02}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{2 + 0.5 \times 9} = 0.692$$

$$\gamma_{04}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{1 + 0.5 \times 9} = 0.818$$

$$\gamma_{04}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{5 + 0.5 \times 9} = 0.473$$

$$\gamma_{09}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{4 + 0.5 \times 9} = 0.529$$

$$\gamma_{04}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{4 + 0.5 \times 9} = 0.529$$

$$\gamma_{09}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{0 + 0.5 \times 9} = 1$$

$$\gamma_{05}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{2 + 0.5 \times 9} = 0.692$$

$$\gamma_{10}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{3 + 0.5 \times 9} = 0.6$$

$$\gamma_{05}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{3 + 0.5 \times 9} = 0.6$$

$$\gamma_{10}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{3 + 0.5 \times 9} = 0.6$$

$$\gamma_{05}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{6 + 0.5 \times 9} = 0.428$$

$$\gamma_{10}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{0 + 0.5 \times 9} = 1$$

$$\gamma_{06}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{1 + 0.5 \times 9} = 0.818$$

$$\gamma_{11}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{5 + 0.5 \times 9} = 0.473$$

$$\gamma_{06}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{5 + 0.5 \times 9} = 0.473$$

$$\gamma_{11}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{2 + 0.5 \times 9} = 0.692$$

$$\gamma_{06}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{6 + 0.5 \times 9} = 0.428$$

$$\gamma_{11}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{3 + 0.5 \times 9} = 0.6$$

$$\gamma_{07}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{2 + 0.5 \times 9} = 0.692$$

$$\gamma_{12}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{5 + 0.5 \times 9} = 0.473$$

$$\gamma_{07}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{2 + 0.5 \times 9} = 0.692$$

$$\gamma_{12}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{2 + 0.5 \times 9} = 0.692$$

$$\gamma_{07}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{6 + 0.5 \times 9} = 0.428$$

$$\gamma_{12}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{3 + 0.5 \times 9} = 0.6$$

$$\gamma_{08}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{3 + 0.5 \times 9} = 0.6$$

$$\gamma_{13}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{2 + 0.5 \times 9} = 0.692$$

$$\gamma_{08}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{4 + 0.5 \times 9} = 0.529$$

$$\gamma_{13}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{1 + 0.5 \times 9} = 0.818$$

$$\gamma_{08}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{0 + 0.5 \times 9} = 1$$

$$\gamma_{13}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{6 + 0.5 \times 9} = 0.428$$

$$\gamma_{09}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{2 + 0.5 \times 9} = 0.692$$

$$\gamma_{14}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{5 + 0.5 \times 9} = 0.473$$

$$\gamma_{14}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{5 + 0.5 \times 9} = 0.473$$

$$\gamma_{18}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{5 + 0.5 \times 9} = 0.473$$

$$\gamma_{14}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{7 + 0.5 \times 9} = 0.391$$

$$\gamma_{19}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{2 + 0.5 \times 9} = 0.692$$

$$\gamma_{15}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{5 + 0.5 \times 9} = 0.473$$

$$\gamma_{19}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{3 + 0.5 \times 9} = 0.6$$

$$\gamma_{15}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{3 + 0.5 \times 9} = 0.6$$

$$\gamma_{19}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{4 + 0.5 \times 9} = 0.529$$

$$\gamma_{15}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{7 + 0.5 \times 9} = 0.391$$

$$\gamma_{20}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{0 + 0.5 \times 9} = 1$$

$$\gamma_{16}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{1 + 0.5 \times 9} = 0.818$$

$$\gamma_{20}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{0 + 0.5 \times 9} = 1$$

$$\gamma_{16}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{1 + 0.5 \times 9} = 0.818$$

$$\gamma_{20}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{0 + 0.5 \times 9} = 1$$

$$\gamma_{16}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{9 + 0.5 \times 9} = 0.333$$

$$\gamma_{21}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{2 + 0.5 \times 9} = 0.692$$

$$\gamma_{17}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{0 + 0.5 \times 9} = 1$$

$$\gamma_{21}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{3 + 0.5 \times 9} = 0.6$$

$$\gamma_{17}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{3 + 0.5 \times 9} = 0.6$$

$$\gamma_{21}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{7 + 0.5 \times 9} = 0.391$$

$$\gamma_{17}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{2 + 0.5 \times 9} = 0.692$$

$$\gamma_{22}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{3 + 0.5 \times 9} = 0.6$$

$$\gamma_{18}(1) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{2 + 0.5 \times 9} = 0.692$$

$$\gamma_{22}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{2 + 0.5 \times 9} = 0.692$$

$$\gamma_{18}(2) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{5 + 0.5 \times 9} = 0.473$$

$$\gamma_{22}(3) = \frac{0 + 0.5 \times 9}{3 + 0.5 \times 9} = 0.6$$

5. Menentukan Derajat Hubungan

Langkah kelima dilakukan untuk mengetahui nilai prioritas untuk masing-masing komponen. Rumus yang digunakan dalam menentukan derajat hubungan yaitu :

$$\Gamma_{oi}(j) = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 \gamma_{oi}(j)$$

$$\Gamma_n = \frac{1}{3} (\gamma_n(1) + \gamma_n(2) + \gamma_n(3))$$

$$\Gamma_{01} = \frac{1}{3} (0.391 + 0.818 + 1)$$

$$= 0.736$$

$$\Gamma_{10} = \frac{1}{3} (0.6 + 0.6 + 1) = 0.733$$

$$\Gamma_{11} = \frac{1}{3} (0.473 + 0.692 + 0.6)$$

$$\Gamma_{02} = \frac{1}{3} (0.6 + 0.692 + 1) = 0.764$$

$$= 0.588$$

$$\Gamma_{03} = \frac{1}{3} (0.6 + 0.692 + 1) = 0.764$$

$$\Gamma_{12} = \frac{1}{3} (0.473 + 0.692 + 0.6)$$

$$= 0.588$$

$$\Gamma_{04} = \frac{1}{3} (0.818 + 0.473 + 0.529)$$

$$= 0.606$$

$$\Gamma_{13} = \frac{1}{3} (0.692 + 0.818 + 0.428)$$

$$= 0.646$$

$$\Gamma_{05} = \frac{1}{3} (0.692 + 0.6 + 0.428)$$

$$= 0.573$$

$$\Gamma_{14} = \frac{1}{3} (0.473 + 0.473 + 0.391)$$

$$= 0.445$$

$$\Gamma_{06} = \frac{1}{3} (0.818 + 0.473 + 0.428)$$

$$= 0.573$$

$$\Gamma_{15} = \frac{1}{3} (0.473 + 0.6 + 0.391)$$

$$= 0.448$$

$$\Gamma_{07} = \frac{1}{3} (0.692 + 0.692 + 0.428)$$

$$= 0.604$$

$$\Gamma_{16} = \frac{1}{3} (0.818 + 0.818 + 0.333)$$

$$= 0.656$$

$$\Gamma_{08} = \frac{1}{3} (0.6 + 0.529 + 1) = 0.709$$

$$\Gamma_{17} = \frac{1}{3} (1 + 0.6 + 0.692) = 0.764$$

$$\Gamma_{09} = \frac{1}{3} (0.692 + 0.529 + 1)$$

$$= 0.740$$

$$\Gamma_{18} = \frac{1}{3}(0.692 + 0.473 + 0.473)$$

$$= 0.546$$

$$\Gamma_{21} = \frac{1}{3}(0.692 + 0.6 + 0.391)$$

$$= 0.561$$

$$\Gamma_{19} = \frac{1}{3}(0.692 + 0.6 + 0.529)$$

$$= 0.607$$

$$\Gamma_{22} = \frac{1}{3}(0.6 + 0.692 + 0.6)$$

$$= 0.630$$

$$\Gamma_{20} = \frac{1}{3}(1 + 1 + 1) = 1$$

6. Mengurutkan Tingkat Resiko Berdasarkan Prioritas

Pada langkah ini mengurutkan tingkat resiko dengan mengurutkan nilai dari terkecil hingga terbesar, prioritas pertama merupakan prioritas dengan derajat hubungan terkecil. Urutan tingkat resiko ada pada tabel berikut.

Tabel 4.12 Tingkat Resiko Berdasarkan Prioritas

Nilai Derajat Hubungan	Derajat Hubungan	Rangking
0.445	Γ_{14}	1
0.448	Γ_{15}	2
0.546	Γ_{18}	3
0.561	Γ_{21}	4
0.573	Γ_{05}	5
0.573	Γ_{06}	6
0.588	Γ_{11}	7
0.588	Γ_{12}	8
0.604	Γ_{07}	9
0.606	Γ_{04}	10
0.607	Γ_{19}	11
0.630	Γ_{22}	12
0.646	Γ_{13}	13
0.656	Γ_{16}	14
0.709	Γ_{08}	15
0.733	Γ_{10}	16
0.736	Γ_{01}	17
0.740	Γ_{09}	18
0.764	Γ_{17}	19

Tabel 4.12 (Lanjutan)

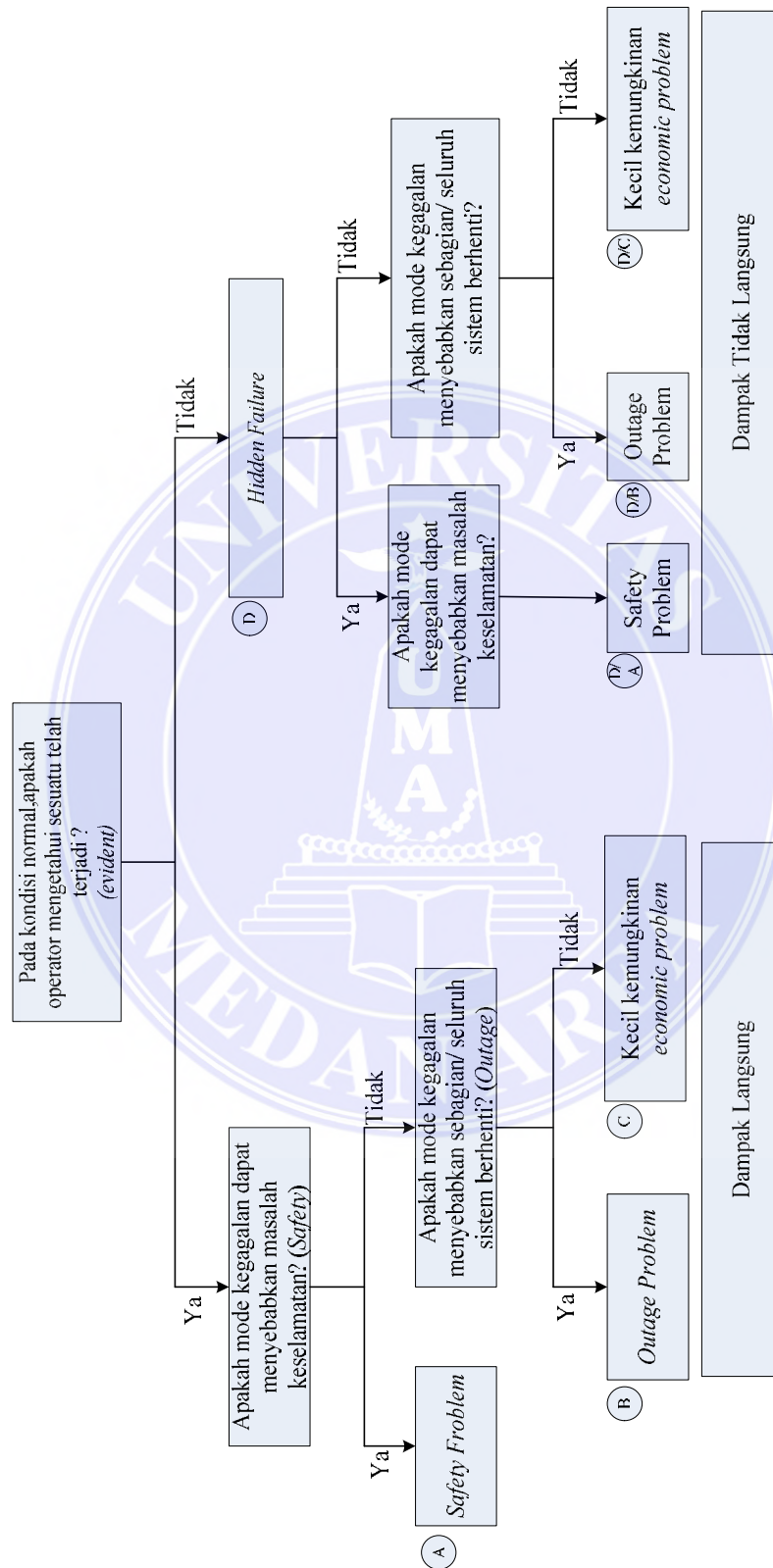
0.764	$\Gamma 02$	20
0.764	$\Gamma 03$	21
1	$\Gamma 20$	22

4.1.6. *Logic Tree Analysis (LTA)*

Sebelumnya, untuk mengetahui kegagalan yang terlihat atau tersembunyi maka digunakan *Intermediate Decision Tree*, dimana mode kegagalan yang dianalisa dapat dikategorikan kedalam 4 kategori, yaitu :

1. Kategori A (Mode kegagalan berpengaruh terhadap keselamatan)
2. Kategori B (Mode kegagalan berpengaruh terhadap produksi)
3. Kategori C (Mode kegagalan berpengaruh terhadap non produksi)
4. Kategori D (Mode kegagalan tersembunyi)

Apabila jawaban pertanyaan mengarah ke mode kegagalan kepada kategori D, maka analisa dilanjutkan kembali untuk menentukan apakah item tersebut masuk kedalam kategori D/A, D/B atau D/C, *Intermediate Decision Tree* dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Intermediate Decision Tree

Tabel 4.13 Identifikasi Logic Tree Analysis

Subsistem	Komponen	Failure Mode	Failure Causes	Critical Analysis		
				Evident	Safety	Outage Category
Gear Box	<i>Coupling Luck Nut</i>	<i>Gear terlepas</i>	<i>Gear tidak bergerak</i>	Y	Y	N A
	<i>Helical Worm Gear</i>	Putaran tidak berjalan normal	<i>Steer Arm</i> tidak bergerak	Y	N	Y B
	<i>Pin Coupling</i>	Melengkung dan terkikis	Putaran Gear tidak <i>center</i>	Y	N	Y B
	<i>Fluid Coupling</i>	Friksi tinggi	Komponen gear aus terkikis	N	N	N D/C
Oil Crankcase	<i>Oil Seal</i>	Oli bocor	Pelumasan tidak sempurna	N	N	N D/C
	<i>Bearing</i>	Aus	Putaran tidak stabil	N	N	N D/C
Bearing House	<i>Spacer</i>	<i>Bearing</i> tidak dapat di instalasi	Gear tidak bergerak	N	N	N D/C
	<i>Breaker</i>	Motor tdiak hidup	Mesin tidak beroperasi	Y	N	Y B
Main Motor	<i>Dimmer Control</i>	Putaran tidak diketahui	Pengadukan tidak sempurna	Y	N	N C
	<i>Cable wire</i>	Terbakar	Motor tidak hidup	Y	N	Y B
	<i>Stator</i>	Tidak ada arus listrik	Motor tidak hidup	Y	N	Y B
	<i>Rotor</i>	Tidak ada arus listrik	Motor tidak hidup	Y	N	Y B
	<i>Fan Blades</i>	Sirip melengkung/patah	<i>Motor overhear</i>	N	N	N D/C

Tabel 4.13 (Lanjutan)

Subsistem	Komponen	Failure Mode	Failure Causes	Evident	Critical Analysis		
					Safety	Outage	Category
Shaft Driver	<i>V Block</i>	Aus	Arm tidak dapat di instalasi	N	N	Y	D/B
	<i>Short, Long, Expeller Arm</i>	Aus, melengkung dan patah	Buah tidak terlumat	N	N	Y	D/B
	<i>Rockwool</i>	Tipis	Panas silinder tidak merata	N	N	N	D/C
Wear Plate	<i>Temp. Gauge</i>	Suhu tidak diketahui	Pelunakan buah tidak sempurna	Y	N	N	C
	<i>Steam Injector</i>	Gas uap tidak terinjeksi	Buah tidak lunak	Y	N	Y	B
High Bottom Plate	<i>Bottom Plate</i>	Minyak mengendap	Mesin kotor dan oil losses tinggi	N	N	N	D/C
	<i>Chute</i>	Buah tersangkut	Mesin berhenti	N	N	Y	D/B
Low Bottom Plate	<i>Bush</i>	Aus dan terkikis	Putaran Arm tidak stabil	N	N	N	D/C
	<i>Shaft Holder</i>	Aus dan terkikis	Shaft Driver tidak dapat di topang	N	N	Y	D/B

4.1.7. *Task Selection*

Pemilihan tindakan merupakan tahap akhir dari proses RCM. dari tiap mode kerusakan dibuat daftar tindakan yang efektif untuk dilakukan selanjutnya. dalam pelaksanaan pemilihan tindakan dapat dilakukan dengan 4 cara, yaitu :

1. *Time-Directed (TD)*

Time Directed adalah perawatan yang diarahkan secara langsung pada pencegahan kegagalan atau kerusakan.

2. *Condition-Directed (CD)*

Condition Directed adalah perawatan yang diarahkan pada deteksi kegagalan atau gejala-gejala kerusakan.

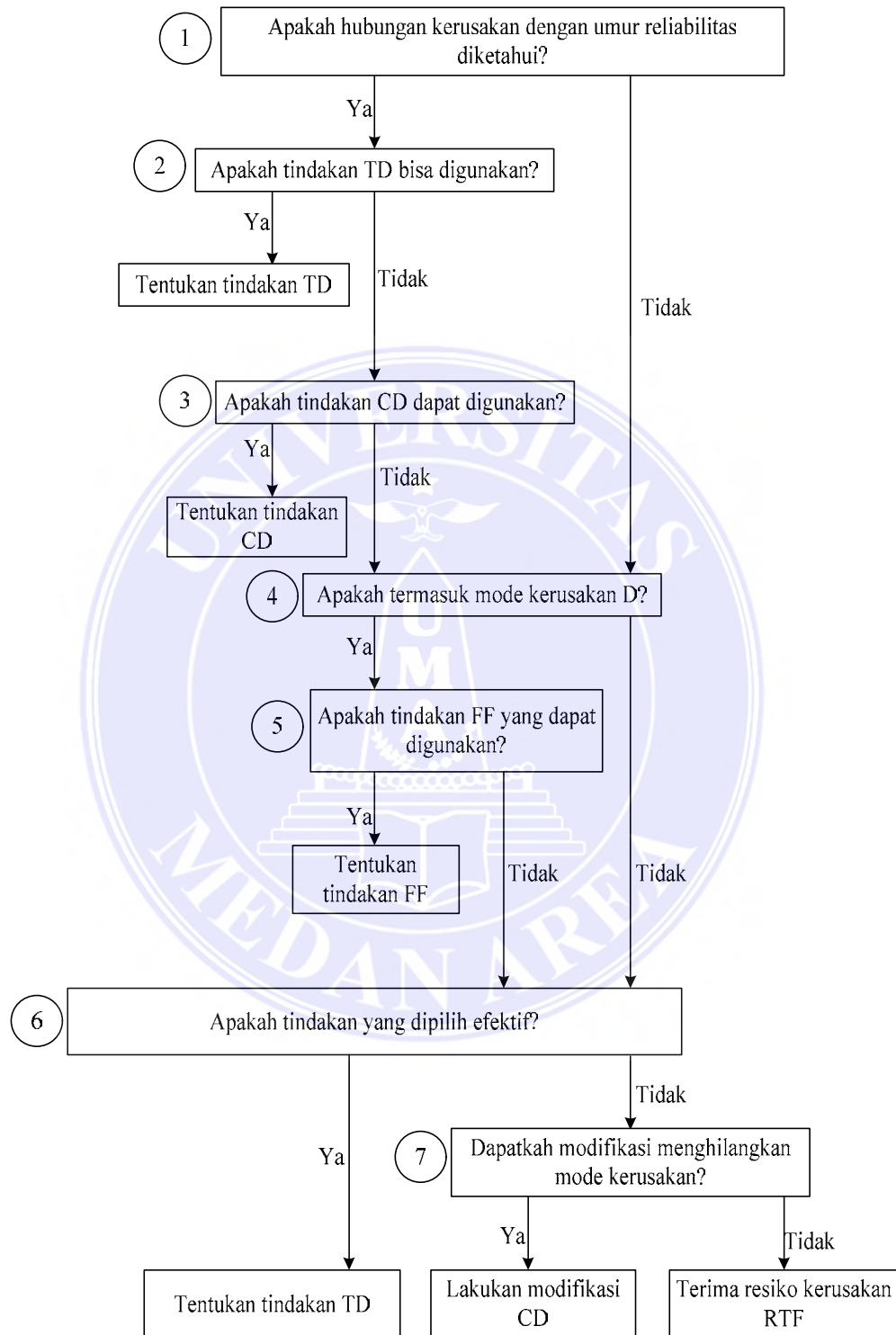
3. *Failure-Finding (FF)*

Failure Finding adalah perawatan yang diarahkan pada penemuan kegagalan tersembunyi.

4. *Run-to-Failure (RTF)*

Run To Failure adalah perawatan yang didasarkan pada pertimbangan untuk menjalankan komponen hingga rusak karena pilihan lain tidak memungkinkan, tidak menguntungkan dari segi ekonomi dan umur kondisi komponen masih layak digunakan.

Penyusunan pemilihan tindakan untuk komponen kritis mesin digester dapat dilihat pada diagram berikut.



Gambar 4.6 Diagram *Task Selection*

Tabel 4.14 *Task Selection Perawatan Mesin Digester*

Subsistem	Komponen	Failure Mode	Failure Causes	Selection Guide						
				1	2	3	4	5	6	7 Task Selection
Gear Box	<i>Coupling Luck Nut Gear</i>	Gear terlepas	Gear tidak bergerak	N			N		N	Y CD
	<i>Helical Worm Gear</i>	Putaran tidak berjalan normal	Steer Arm tidak bergerak	Y	N	Y				CD
	<i>Pin Coupling</i>	Melengkung dan terkikis	Putaran Gear tidak center	N			N		N	Y CD
	<i>Fluid Coupling</i>	Friksi tinggi	Komponen gear aus terkikis	Y	N	Y				CD
Oil Crankcase	<i>Oil Seal</i>	Oli bocor	Pelumasan tidak sempurna	N			Y	Y		FF
	<i>Bearing</i>	Aus	Putaran tidak stabil	Y	Y					TD
Bearing House	<i>Spacer</i>	<i>Bearing</i> tidak dapat di instalasi	Gear tidak bergerak	N			N		N	N RTF
	<i>Breaker</i>	Motor tdiak hidup	Mesin tidak beroperasi	N			N		N	Y CD
Main Motor	<i>Dimmer Control</i>	Putaran tidak diketahui	Pengadukan tidak sempurna	N			N		N	Y CD
	<i>Cable wire</i>	Terbakar	Motor tidak hidup	N			N		N	Y CD
	<i>Stator</i>	Tidak ada arus listrik	Motor tidak hidup	N			N		N	N RTF
	<i>Rotor</i>	Tidak ada arus listrik	Motor tidak hidup	N			N		N	N RTF
	<i>Fan Blades</i>	Sirip melengkung/patah	Motor overheat	N			N		N	Y CD

Tabel 4.14 (Lanjutan)

Subsistem	Komponen	Failure Mode	Failure Causes	Selection Guide						
				1	2	3	4	5	6	7
Shaft Driver	V Block	Aus	Arm tidak dapat di instalasi	N			N	N	N	Y
	Short, Long, Expeller Arm	Aus, melengkung dan patah	Buah tidak terlumat	Y	Y					TD
Wear Plate	Rockwool	Tipis	Panas silinder tidak merata	N			N	N	N	RTF
	Temp. Gauge	Suhu tidak diketahui	Pelunakan buah tidak sempurna	N			Y	Y		FF
High Bottom Plate	Steam Injector	Gas uap tidak terinjeksi	Buah tidak lunak	N			Y	Y		FF
	Bottom Plate Perforate	Minyak mengendap	Mesin kotor dan oil losses tinggi	N			Y	Y		FF
High Bottom Plate	Chute	Buah tersangkut	Mesin berhenti	N			N	N	N	RTF
	Bush	Aus dan terkikis	Putaran Arm tidak stabil	N			Y	N	N	Y
	Shaft Holder	Aus dan terkikis	Shaft Driver tidak dapat di topang	N			Y	N	N	Y

Pemilihan tindakan berdasarkan hasil FMEA, *Grey FMEA* dan LTA adalah sebagai berikut :

1. *Time Directed*

Komponen yang termasuk dalam pemilihan tindakan ini adalah :

- a. *Bearing*
- b. *Short, Long, Expeller Arm*

2. *Condition Directed*

Komponen yang termasuk dalam pemilihan tindakan ini adalah :

- a. *Coupling Luck Nut*
- b. *Helical Worm Gear*
- c. *Pin Coupling*
- d. *Fluid Coupling*
- e. *Breaker*
- f. *Dimmer Control*
- g. *Cable Wire*
- h. *Fan Blades*
- i. *V Block*
- j. *Bush*
- k. *Shift*
- l. *Shaft Holder*

3. *Finding Failure*

Komponen yang termasuk dalam pemilihan tindakan ini adalah :

- a. *Oil Seal*

- b. *Temp. Gauge*
 - c. *Steam Injection*
 - d. *Bottom Plate Perforated*
4. *Run To Failure*

Komponen yang termasuk dalam pemilihan tindakan ini adalah :

- a. *Spacer*
- b. *Stator*
- c. *Rotor*
- d. *Rockwool*
- e. *Chute*

4.1.8. *Reliability*

Berdasarkan hasil analisis RCM, maka perhitungan *reliability* dilakukan pada komponen yang termasuk dalam pemilihan tindakan *Time Directed (TD)*. Komponen tersebut adalah *Bearing* yang termasuk sistem *Bearing House* dan *Short Long Expeller Arm* termasuk *Shaft Driver*. Untuk menentukan distribusi yang sesuai untuk kerusakan, maka dilakukan perhitungan *index of fit* yang terbesar dari masing-masing komponen. Pengidentifikasian distribusi ini meliputi distribusi Eksponensial, distribusi Lognormal dan distribusi Weibull. Data waktu kerusakan komponen mesin *digester* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.15 TTF dan TTR Komponen *Bearing House*

Periode	TTF (Jam)	TTR (Jam)
1	528.21	5.03
2	561.63	5.6
3	544.46	5.45
4	525.98	5.52

Tabel 4.15 (Lanjutan)

5	500.54	5.08
6	2771	3.57

Sumber : Departemen Perawatan PT. Perkebunan Nusantara II, Pagar Merbau

Tabel 4.16 TTF dan TTR Komponen *Shaft Driver*

Periode	TTF (Jam)	TTR (Jam)
1	642.24	3.12
2	661.63	3.25
3	606.27	3.32
4	634.4	3.05
5	1698	22.07

Sumber : Departemen Perawatan PT. Perkebunan Nusantara II, Pagar Merbau

4.1.8.1. *Least Square Curve Fitting Time To Failure (TTF)*

Langkah perhitungan distribusi *Least Square Curve Fitting TTF* untuk setiap distribusi adalah sebagai berikut.

1. Distribusi Ekspensial

Selanjutnya menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen *bearing house* pada distribusi ekspensial dengan perhitungan manual.

$$xi = ti$$

$$F(ti) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4}$$

$$yi = \ln \left[\frac{1}{1 - F(ti)} \right]$$

$$r = \frac{(n \sum_{i=1}^n xiyi) - (\sum_{i=1}^n xi)(\sum_{i=1}^n yi)}{\sqrt{(n(\sum_{i=1}^n xi^2) - (\sum_{i=1}^n xi)^2)(n \sum_{i=1}^n yi^2 - (\sum_{i=1}^n yi)^2)}}$$

Tabel 4.17 *Least Square Curve Fitting TTF Distribusi Eksponensial Komponen Bearing House*

<i>Bearing House Exponential TTF</i>							
i	ti (Jam)	xi=ti	F(ti)	yi	xi*yi	xi ²	yi ²
1	528.21	528.21	0.11	0.12	63.38	279005.80	0.014
2	561.63	561.63	0.27	0.31	174.1	315428.25	0.096
3	544.46	544.46	0.42	0.55	299.45	296436.69	0.3
4	525.98	525.98	0.58	0.86	452.34	276654.96	0.74
5	500.54	500.54	0.73	1.31	655.71	250540.29	1.76
6	2771	2771	0.89	2.21	6123.91	7678441	4.88
Total	5431.82			5.36	7768.89	9096506.99	7.75
<i>index fit</i>							0.8289

Selanjutnya menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen *shaft driver* pada distribusi eksponensial dengan perhitungan manual.

Tabel 4.18 *Least Square Curve Fitting TTF Distribusi Eksponensial Komponen Shaft Driver*

<i>Shaft Driver Exponential TTF</i>							
I	ti (Jam)	xi=ti	F(ti)	yi	xi*yi	xi ²	yi ²
1	642.24	642.24	0.13	0.14	89.91	412476.21	0.0196
2	661.63	661.63	0.31	0.37	244.8	437754.25	0.1369
3	606.27	606.27	0.5	0.7	424.38	367563.21	0.49
4	634.4	634.4	0.68	1.14	723.21	402463.36	1.2996
5	1698	1698	0.87	2.04	3463.92	2883204	4.1616
Total	4242.54			4.39	4946.22	4503461.03	6.1077
<i>Index Of Fit</i>							0.8557

2. Distribusi Lognormal

Selanjutnya menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen *bearing house* pada distribusi lognormal dengan perhitungan manual.

$$xi = \ln ti$$

$$F(ti) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4}$$

$$yi = zi = \Phi^{-1}[F(ti)]$$

$$r = \frac{(n \sum_{i=1}^n x_i y_i) - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{(n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2)(n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2)}}$$

Tabel 4.19 *Least Square Curve Fitting TTF Distribusi Lognormal Komponen Bearing House*

<i>Bearing House Lognormal TTF</i>							
i	ti (Jam)	ln ti	F(ti)	yi	xi*yi	xi ²	yi ²
1	528.21	6.27	0.11	-1.23	-7.71	39.31	1.51
2	561.63	6.33	0.27	-0.61	-3.86	40.06	0.37
3	544.46	6.3	0.42	-0.2	-1.26	39.69	0.04
4	525.98	6.26	0.58	0.2	1.252	39.18	0.04
5	500.54	6.21	0.73	0.61	3.788	38.56	0.37
6	2771	7.92	0.89	1.23	9.741	62.72	1.51
Total	5431.82	39.29		0	1.951	259.52	3.84
Index Of Fit							0.6655

Selanjutnya menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen *shaft driver* pada distribusi lognormal dengan perhitungan manual.

Tabel 4.20 *Least Square Curve Fitting TTF Distribusi Lognormal Komponen Shaft Driver*

<i>Shaft Driver Lognormal TTF</i>							
i	ti (Jam)	ln ti	F(ti)	yi	xi*yi	xi ²	yi ²
1	642.24	6.46	0.13	-1.13	-7.3	41.73	1.27
2	661.63	6.49	0.31	-0.48	-3.11	42.12	0.23
3	606.27	6.4	0.5	0	0	40.96	0
4	634.4	6.45	0.68	0.48	3.1	41.6	0.23
5	1,698	7.43	0.87	1.13	8.39	55.2	1.27
Total	4242.54	33.23		0	1.08	221.61	3
Index Of Fit							0.7142

3. Distribusi Weibull

Selanjutnya menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen *bearing house* pada distribusi weibull dengan perhitungan manual.

$$xi = \ln ti$$

$$F(ti) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4}$$

$$yi = zi = \ln \left[\ln \left[\frac{1}{1 - F(ti)} \right] \right]$$

$$r = \frac{(n \sum_{i=1}^n xiyi) - (\sum_{i=1}^n xi)(\sum_{i=1}^n yi)}{\sqrt{(n(\sum_{i=1}^n xi^2) - (\sum_{i=1}^n xi)^2)(n(\sum_{i=1}^n yi^2) - (\sum_{i=1}^n yi)^2)}}$$

Tabel 4.21 *Least Square Curve Fitting TTF Distribusi Weibull Komponen Bearing House*

<i>Bearing House Weibull TTF</i>							
i	ti (Jam)	ln ti	F(ti)	yi	xi*yi	xi ²	yi ²
1	528.21	6.27	0.11	-2.17	-13.6	39.31	4.7
2	561.63	6.33	0.27	-1.15	-7.27	40.06	1.32
3	544.46	6.3	0.42	-0.61	-3.84	39.69	0.37
4	525.98	6.26	0.58	-0.14	-0.87	39.18	0.02
5	500.54	6.21	0.73	0.26	1.61	38.56	0.06
6	2771	7.92	0.89	0.79	6.25	62.72	0.62
Total	5431.82	39.29		-3.02	-17.72	259.52	7.09
<i>Index Of Fit</i>							0.5824

Selanjutnya menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen *shaft driver* pada distribusi weibull dengan perhitungan manual.

Tabel 4.22 *Least Square Curve Fitting TTF Distribusi Weibull Komponen Shaft Driver*

<i>Shaft Driver Weibull TTF</i>							
i	ti (Jam)	ln ti	F(ti)	yi	xi*yi	xi ²	yi ²
1	642.24	6.46	0.13	-1.96	-12.66	41.73	3.84
2	661.63	6.49	0.31	-0.99	-6.42	42.12	0.98
3	606.27	6.4	0.5	-0.36	-2.3	40.96	0.13
4	634.4	6.45	0.68	-0.14	-0.9	41.6	0.019
5	1698	7.43	0.87	0.71	5.27	55.2	0.504
Total	4242.54	33.23	4.39	-2.74	-17.01	221.61	5.47
Index Of Fit							0.6896

Hasil perhitungan *least square curve fitting* untuk masing-masing distribusi pada kedua komponen dengan *index of fit* yaitu diperoleh sebagai berikut.

Tabel 4.23 Hasil Perhitungan *Index of Fit Time To Failure*

Komponen	Distribusi Ekspensial	Distribusi Lognormal	Distribusi Weibull
Bearing Hosue	0.8289	0.6655	0.5824
Shaft Driver	0.8557	0.7142	0.6869

Sumber : Data Diolah, 2018

4.1.8.2. *Least Square Curve Fitting Time To Repair (TTR)*

Langkah perhitungan distribusi *Least Square Curve Fitting TTR* untuk setiap distribusi adalah sebagai berikut.

1. Distribusi Ekspensial

Selanjutnya menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen *bearing house* pada distribusi ekspensial dengan perhitungan manual.

$$xi = ti$$

$$F(ti) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4}$$

$$y_i = \ln \left[\frac{1}{1 - F(t_i)} \right]$$

$$r = \frac{(n \sum_{i=1}^n x_i y_i) - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{(n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2)(n \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\sum_{i=1}^n y_i)^2)}}$$

Tabel 4.24 *Least Square Curve Fitting TTR Distribusi Eksponensial Komponen Bearing House*

<i>Bearing House Exponential TTR</i>							
i	ti (Jam)	xi=ti	F(ti)	yi	xi*yi	xi ²	yi ²
1	5.03	5.03	0.11	0.12	0.603	25.3	0.014
2	5.6	5.6	0.27	0.31	1.736	31.36	0.096
3	5.45	5.45	0.42	0.55	3	29.7	0.3
4	5.52	5.52	0.58	0.86	4.74	30.47	0.74
5	5.08	5.08	0.73	1.31	6.65	25.8	1.72
6	3.57	3.57	0.89	2.21	7.88	12.74	4.88
Total	30.25			5.36	24.6	155.37	7.75
<i>Index Of Fit</i>							-0.8276

Selanjutnya menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen *shaft driver* pada distribusi eksponensial dengan perhitungan manual.

Tabel 4.25 *Least Square Curve Fitting TTR Distribusi Eksponensial Komponen Shaft Driver*

<i>Shaft Driver Exponential TTR</i>							
i	ti (Jam)	xi=ti	F(ti)	yi	xi*yi	xi ²	yi ²
1	3.12	3.12	0.13	0.14	0.436	9.73	0.0196
2	3.25	3.25	0.31	0.37	1.202	10.56	0.1369
3	3.32	3.32	0.5	0.7	2.324	11.02	0.49
4	3.05	3.05	0.68	1.14	3.47	9.3	1.3
5	22.07	22.07	0.87	2.04	45.02	487.08	4.16
Total	34.81			4.39	52.45	527.69	6.1
<i>Index Of Fit</i>							0.8646

2. Distribusi Lognormal

Selanjutnya menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen *bearing house* pada distribusi lognormal dengan perhitungan manual.

$$xi = \ln ti$$

$$F(ti) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4}$$

$$yi = zi = \Phi^{-1}[F(ti)]$$

$$r = \frac{(n \sum_{i=1}^n xiyi) - (\sum_{i=1}^n xi)(\sum_{i=1}^n yi)}{\sqrt{(n(\sum_{i=1}^n xi^2) - (\sum_{i=1}^n xi)^2)(n(\sum_{i=1}^n yi^2) - (\sum_{i=1}^n yi)^2)}}$$

Tabel 4.26 *Least Square Curve Fitting TTR Distribusi Lognormal Komponen Bearing House*

<i>Bearing House Lognormal TTR</i>							
i	ti (Jam)	ln ti	F(ti)	yi	xi*yi	xi ²	yi ²
1	5.03	1.61	0.11	-1.23	-1.98	2.6	1.51
2	5.6	1.72	0.27	-0.63	-1.08	2.95	0.37
3	5.45	1.69	0.42	-0.2	-0.338	2.85	0.04
4	5.52	1.7	0.58	0.2	0.34	2.89	0.04
5	5.08	1.62	0.73	0.63	1.02	2.62	0.37
6	3.57	1.27	0.89	1.23	1.56	1.61	1.51
Total	30.25	9.61		0	-0.478	15.52	3.84
<i>Index Of Fit</i>							-0.6764

Selanjutnya menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen *shaft driver* pada distribusi lognormal dengan perhitungan manual.

Tabel 4.27 *Least Square Curve Fitting TTR Distribusi Lognormal Komponen Shaft Driver*

<i>Shaft Driver Lognormal TTR</i>							
i	ti (Jam)	ln ti	F(ti)	yi	xi*yi	xi ²	yi ²
1	3.12	1.13	0.13	-1.13	-1.27	1.27	1.27
2	3.25	1.17	0.31	-0.48	-0.56	1.36	0.23
3	3.32	1.2	0.5	0	0	1.44	0
4	3.05	1.11	0.68	0.48	0.53	1.23	0.23
5	22.07	3.09	0.87	1.13	3.5	9.5	1.27
Total	34.81	7.7	4.39	0	2.2	14.8	3
<i>Index Of Fit</i>							0.7407

3. Distribusi Weibull

Selanjutnya menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen *bearing house* pada distribusi weibull dengan perhitungan manual.

$$xi = \ln ti$$

$$F(ti) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4}$$

$$yi = zi = \ln \left[-\ln \left[\frac{1}{1 - F(ti)} \right] \right]$$

$$r = \frac{(n \sum_{i=1}^n xiyi) - (\sum_{i=1}^n xi)(\sum_{i=1}^n yi)}{\sqrt{(n(\sum_{i=1}^n xi^2) - (\sum_{i=1}^n xi)^2)(n \sum_{i=1}^n yi^2) - (\sum_{i=1}^n yi)^2}}$$

Tabel 4.28 *Least Square Curve Fitting TTR Distribusi Weibull Komponen Bearing House*

<i>Bearing House Weibull TTR</i>							
i	ti (Jam)	ln ti	F(ti)	Yi	xi*yi	xi ²	yi ²
1	5.03	1.61	0.11	-2.17	-3.49	2.6	4.7
2	5.6	1.72	0.27	-1.15	-1.97	2.95	1.32
3	5.45	1.69	0.42	-0.61	-1.03	2.85	0.37
4	5.52	1.7	0.58	-0.14	-0.23	2.89	0.02
5	5.08	1.62	0.73	0.26	0.42	2.62	0.06
6	3.57	1.27	0.89	0.79	1.003	1.61	0.62

Tabel 4.28 (Lanjutan)

Total	30.25	9.61	-3.02	-5.3	15.52	7.09
<i>Index Of Fit</i>						-0.5592

Selanjutnya menghitung *index of fit* dengan mengetahui *least square curve fitting* komponen *shaft driver* pada distribusi weibull dengan perhitungan manual.

Tabel 4.29 *Least Square Curve Fitting TTR* Distribusi Weibull Komponen *Shaft Driver*

<i>Shaft Driver Weibull TTR</i>							
i	ti (Jam)	ln ti	F(ti)	Yi	xi*yi	xi ²	yi ²
1	3.12	1.13	0.13	-1.96	-2.22	1.27	3.88
2	3.25	1.17	0.31	-0.99	-1.15	1.36	0.98
3	3.32	1.2	0.5	-0.36	-0.84	1.44	0.13
4	3.05	1.11	0.68	0.14	0.14	1.23	0.017
5	22.07	3.09	0.87	0.71	2.2	9.5	0.5
Total	34.81	7.7		-2.74	-1.87	14.8	5.507
<i>Index Of Fit</i>							0.6841

Hasil perhitungan *least square curve fitting* untuk masing-masing distribusi pada kedua komponen dengan *index of fit* yaitu diperoleh sebagai berikut.

Tabel 4.30 Hasil Perhitungan *Index of Fit Time To Repair*

Komponen	Distribusi Ekspensial	Distribusi Lognormal	Distribusi Weibull
Bearing House	-0.8276	-0.6764	-0.5592
Shaft Driver	0.8646	0.7407	0.6841

Sumber : Data Diolah, 2018

Dari hasil perthitungan *index of fit* yang telah dilakukan didapat *index fit* untuk TTF terbesar komponen *bearing house* pada distribusi ekspensial sebesar 0.8289 dan komponen *shaft driver* pada distribusi ekspensial sebesar 0.8557, sedangkan untuk perhitungan *index of fit TTR* terbesar komponen *bearing house*

pada distribusi weibull sebesar -0.5592 dan komponen *shaft driver* pada distribusi eksponensial sebesar 0.8646.

4.1.8.3. Goodness of Fit Time To Failure (TTF)

Setelah memperoleh *index of fit* dari setiap komponen *time to failure*, selanjutnya diuji berdasarkan kesesuaian data, langkah pengujian yang digunakan sebagai berikut.

1. Bearing House Distribusi Eksponensial

Nilai *index of fit* terbesar yang diperoleh komponen *shaft driver* adalah distribusi eksponensial, maka uji yang digunakan adalah *Bartlett Test*.

Dimana :

H0 : Data berdistribusi eksponensial

H1 : Data tidak berdistribusi eksponensial

Taraf nyata $\alpha = 0.05$

$n = 6, n = r$

Wilayah kritis : $X^2_1 < B < X^2_2$

$$X^2_{1-\frac{\alpha}{2}, r-1} = X^2_{1-\frac{0.05}{2}, 5} = X^2_{0.975, 5} = 0.83 \text{ Chi Square Distribution Table}$$

$$X^2_{\frac{\alpha}{2}, r-1} = X^2_{\frac{0.05}{2}, 5} = X^2_{0.025, 5} = 12.83 \text{ Chi Square Distribution Table}$$

Uji Bartlett sebagai berikut :

$$B = \frac{2r \left[\ln \left(\frac{\sum_{i=1}^r t_i}{r} \right) - \left(\frac{\sum_{i=1}^r \ln t_i}{r} \right) \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}}$$

$$B = \frac{2(6) \left[\ln \left(\frac{5431.82}{6} \right) - \left(\frac{39.29}{6} \right) \right]}{1 + \frac{(6+1)}{6(6)}} = 2.52$$

Karena $X_{0.975,5}(0.83) < B(2.52) < X_{0.025,5}(12.83)$ maka dapat dinyatakan bahwa data berdistribusi eksponensial. Parameter yang digunakan dalam distribusi eksponensial adalah λ maka perhitungannya adalah :

t = Total Waktu Kerusakan

$$\lambda = n/t = 6/5431.82 = 0.0011$$

2. *Shaft Driver* Distribusi Eksponensial

Nilai *index of fit* terbesar yang diperoleh komponen *shaft driver* adalah distribusi eksponensial, maka uji yang digunakan adalah *Bartlett Test*.

Dimana :

H_0 : Data berdistribusi eksponensial

H_1 : Data tidak berdistribusi eksponensial

Taraf nyata $\alpha = 0.05$

$n = 5, n = r$

Wilayah kritis : $X^2_1 < B < X^2_2$

$$X^2_{1-\frac{\alpha}{2}, r-1} = X^2_{1-\frac{0.05}{2}, 4} = X^2_{0.975, 4} = 0.48 \text{ Chi Square Distribution Table}$$

$$X^2_{\frac{\alpha}{2}, r-1} = X^2_{\frac{0.05}{2}, 4} = X^2_{0.025, 4} = 11.14 \text{ Chi Square Distribution Table}$$

Uji Bartlett sebagai berikut :

$$B = \frac{2r \left[\ln \left(\frac{\sum_{i=1}^r t_i}{r} \right) - \left(\frac{\sum_{i=1}^r \ln t_i}{r} \right) \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}}$$

$$B = \frac{2(5) \left[\ln \left(\frac{4242.54}{5} \right) - \left(\frac{33.23}{5} \right) \right]}{1 + \frac{(5+1)}{6(5)}} = 0.85$$

Karena $X_{0.975,4}(0.48) < B(0.85) < X_{0.025,4}(11.14)$ maka dapat dinyatakan bahwa data berdistribusi eksponensial. Parameter yang digunakan dalam distribusi eksponensial adalah λ maka perhitungannya adalah :

t = Total Waktu Kerusakan

$$\lambda = n/t = 5/4242.54 = 0.001178539$$

4.1.8.4. Goodness of Fit Time To Repair (TTR)

Setelah memperoleh *index of fit* dari setiap komponen *time to failure*, selanjutnya diuji berdasarkan kesesuaian data, langkah pengujian yang digunakan sebagai berikut.

1. Bearing House Distribusi Weibull

Nilai *index of fit* terbesar yang diperoleh komponen *bearing house* adalah distribusi weibull, maka uji yang digunakan adalah *Mann's Test*.

Dimana :

H_0 : Data berdistribusi weibull

H_1 : data tidak berdistribusi weibull

Taraf nyata $\alpha = 5\%$ atau 0.05

Wilayah kritis : tolak H_0 bila $M > F_{Tabel}$

$$Z_i = \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{i - 0.5}{n + 0.25} \right) \right]$$

Tabel 4.31 Uji *Mann's* Pada *Bearing House*

I	t_i (Jam)	$\ln t_i$	Z_i	M_i	$\ln(t_{i+1}) - \ln(t_i)$	$\ln(t_{i+1}) - \ln(t_i) / M_i$
1	5.03	1.61	-2.48	1.19	0.11	0.092
2	5.6	1.72	-1.29	0.62	-0.03	-0.048
3	5.45	1.69	-0.67	0.47	0.01	0.02
4	5.52	1.70	-0.20	0.44	-0.08	-0.18

Tabel 4.31 (Lanjutan)						
5	5.08	1.62	0.24	0.51	-0.35	-0.68
6	3.57	1.27	0.75			
Total	30.25					

Sumber : Data Diolah, 2018

$$k1 = \left[\frac{r}{2} \right] = \left[\frac{6}{2} \right] = 3$$

$$k2 = \left[\frac{r-1}{2} \right] = \left[\frac{5}{2} \right] = 2.5$$

$$V1 = 2k1 = 6$$

$$V2 = 2k2 = 5$$

Dengan menggunakan tabel distribusi F, Maka $F_{0.05,6,5} = 4.95$

$$M = \frac{k1 \sum_{i=k1+1}^{r-1} \left(\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)}{k2 \sum_{i=1}^{r-1} \left(\frac{\ln t_{i+1} - \ln t_i}{M_i} \right)} = \frac{3(0.192)}{2.5(0.11)} = 1.74$$

Karena nilai $M (1.74) < F_{0.05,6,5} = 4.95$, maka dapat dinyatakan bahwa data berdistribusi weibull. Parameter yang digunakan untuk distribusi weibull adalah β dan θ sebagai berikut :

Parameter bentuk (β), parameter skala (θ)

$$\begin{aligned} \beta = b &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \\ &= \frac{6 \cdot (-5.3) - (9.61)(-3.02)}{6 \cdot 15.52 - (9.61)^2} = -3.617 \end{aligned}$$

$$a = \bar{y} - b \bar{x} = (-0.5) - (-3.617)(1.6) = 5.28$$

$$\theta = e^{-\frac{a}{b}} = 2.718^{-\left(\frac{5.28}{-3.617}\right)} = 4.3$$

2. Shaft Driver Distribusi Eksponensial

Nilai *index of fit* terbesar yang diperoleh komponen *shaft driver* adalah distribusi eksponensial, maka uji yang digunakan adalah *Bartlett Test*.

Dimana :

H_0 : Data berdistribusi eksponensial

H_1 : Data tidak berdistribusi eksponensial

Taraf nyata $\alpha = 0.05$

$n = 5, n = r$

Wilayah kritis : $X^2_1 < B < X^2_2$

$$X^2_{1-\frac{\alpha}{2}, r-1} = X^2_{1-\frac{0.05}{2}, 4} = X^2_{0.975, 4} = 0.48 \text{ Chi Square Distribution Table}$$

$$X^2_{\frac{\alpha}{2}, r-1} = X^2_{\frac{0.05}{2}, 4} = X^2_{0.025, 4} = 11.14 \text{ Chi Square Distribution Table}$$

Uji Bartlett sebagai berikut :

$$B = \frac{2r \left[\ln \left(\frac{\sum_{i=1}^r t_i}{r} \right) - \left(\frac{\sum_{i=1}^r \ln t_i}{r} \right) \right]}{1 + \frac{(r+1)}{6r}}$$

$$B = \frac{2(5) \left[\ln \left(\frac{34.81}{5} \right) - \left(\frac{\sum_{i=1}^5 \ln t_i}{5} \right) \right]}{1 + \frac{(5+1)}{6(5)}} = 3.33$$

Karena $X_{0.975, 4}(0.48) < B(3.33) < X_{0.025, 4}(11.14)$ maka dapat dinyatakan bahwa data berdistribusi eksponensial. Parameter yang digunakan dalam distribusi eksponensial adalah λ maka perhitungannya adalah :

t = Total Waktu Kerusakan

$$\lambda = n/t = \frac{5}{34.81} = 0.1436$$

4.1.8.5. Perhitungan *Mean Time To Failure (MTTF)* dan *Mean Time To Repair (MTTR)*

Setelah melakukan perhitungan *goodness of fit* dan mengetahui parameter, maka selanjutnya dilakukan perhitungan *mean time to failure (MTTF)* dan *mean time to repair (MTTR)* pada komponen *bearing house* dan *shaft driver* sesuai dengan distribusi masing-masing dengan menggunakan perhitungan berikut.

1. *Bearing House*

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.0011} = 909.1 \text{ Jam}$$

$$MTTR = \theta \Gamma \left(1 + \frac{1}{a} \right) = 4.3 \Gamma \left(1 + \frac{1}{5.28} \right) = 3.96 \text{ Jam}$$

2. *Shaft Driver*

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.001178539} = 848.5 \text{ Jam}$$

$$MTTR = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0.1436} = 6.96 \text{ Jam}$$

4.2. *Reliability Sebelum Perawatan*

Perhitungan kehandalan dilakukan untuk mengetahui probabilitas kinerja dari komponen untuk memenuhi fungsi yang diharapkan, berikut perhitungan kehandalan komponen.

1. *Bearing House*

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

$$R(t) = 2.718^{-(0.0011(909.1))} = 0.36$$

2. *Shaft Driver*

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

$$R(t) = 2.718^{-(0.001178539(848.5))} = 0.36$$

Hasil dari perhitungan komponen *reliability bearing house* sebesar 0.36 atau 36% dan komponen *shaft driver* sebesar 0.36 atau 36%.

4.1.8.6. Penentuan Interval Perawatan

Penentuan interval waktu perawatan bertujuan untuk mengetahui waktu optimal untuk perawatan komponen, perhitungannya sebagai berikut.

1. *Bearing House*

Rata-rata jam produksi per bulan = 224.7 Jam

Jumlah kerusakan dalam 1 tahun = 6 Kali

a. Waktu rata-rata perbaikan

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR}{\text{rata-rata jam produksi per bulan}} = \frac{3.96}{224.7} = 0.017$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{0.017} = 58.82$$

b. Waktu rata-rata pemeriksaan

$$\frac{1}{i} = \frac{\text{rata-rata 1 kali pemeriksaan}}{\text{rata-rata jam produksi per bulan}} = \frac{3.5}{224.7} = 0.015$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0.015} = 66.67$$

c. Rata-rata kerusakan

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan per 1 tahun}}{12} = \frac{6}{12} = 0.5$$

d. Frekuensi pemeriksaan optimal

$$n = \sqrt{\frac{k \times i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0.5 \times 66.67}{58.82}} = 0.75$$

e. Interval waktu perawatan

$$ti = \frac{\text{rata - rata jam produksi per bulan}}{n} = \frac{224.7}{0.75} = 299.6 \text{ Jam}$$

2. *Shaft Driver*

Rata-rata jam produksi per bulan = 224.7 Jam

Jumlah kerusakan dalam 1 tahun = 5 Kali

f. Waktu rata-rata perbaikan

$$\frac{1}{\mu} = \frac{MTTR}{\text{rata - rata jam produksi per bulan}} = \frac{6.96}{224.7} = 0.031$$

$$\mu = \frac{1}{1/\mu} = \frac{1}{0.031} = 32.25$$

g. Waktu rata-rata pemeriksaan

$$\frac{1}{i} = \frac{\text{rata - rata 1 kali pemeriksaan}}{\text{rata - rata jam produksi per bulan}} = \frac{5}{224.7} = 0.022$$

$$i = \frac{1}{1/i} = \frac{1}{0.022} = 45.45$$

h. Rata-rata kerusakan

$$k = \frac{\text{jumlah kerusakan per 1 tahun}}{12} = \frac{5}{12} = 0.41$$

i. Frekuensi pemeriksaan optimal

$$n = \sqrt{\frac{k \times i}{\mu}} = \sqrt{\frac{0.41 \times 45.45}{32.25}} = 0.76$$

j. Interval waktu perawatan

$$ti = \frac{\text{rata - rata jam produksi per bulan}}{n} = \frac{224.7}{0.76} = 295.65 \text{ Jam}$$

Dari hasil perhitungan interval waktu perawatan diatas diperoleh interval waktu perawatan komponen *bearing house* setiap 299.6 Jam selama jam produksi dengan *mean time to failure* selama 909.1 Jam serta *mean time to repair* selama 3.96 Jam sedangkan interval waktu perawatan komponen *shaft driver* setiap 295.65 Jam selama jam produksi dengan *mean time to failure* selama 848.5 Jam serta *mean time to repair* selama 6.96 Jam.

4.3. Reliability Setelah Perawatan

Perhitungan ini dilakukan setelah penerapan perawatan yang sudah dilakukan untuk melihat seberapa besar kehandalan setelah dilakukan perawatan sebagai tujuan *predictive maintenance* dengan asumsi data tetap pada data sebelumnya dengan interval perawatan yang telah dihitung.

1. *Bearing House*

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

$$R(t) = 2.718^{-(0.0011(299.6))} = 0.72$$

2. *Shaft Driver*

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

$$R(t) = 2.718^{-(0.001178539(295.65))} = 0.705$$

Hasil dari perhitungan komponen *reliability bearing house* didapat kenaikan menjadi sebesar 0.72 atau 72% dan komponen *shaft driver* sebesar 0.705 atau 70.5%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat dirangkum berdasarkan pengolahan data dan analisis, yaitu :

1. Interval perawatan pada komponen mesin digester adalah
 - a. Sistem *bearing house* dengan interval perawatan 299.6 jam dan mengalami *breakdown* sebanyak 6 kali dalam 1 tahun.
 - b. Sistem *shaft driver* dengan interval perawatan 295.65 jam dan mengalami *breakdown* sebanyak 5 kali dalam 1 tahun.
2. Hasil perhitungan kehandalan (*reliability*) pada metode *Reliability Centered Maintenance* adalah :
 - a. Sebelum perawatan *bearing house* sebesar 36% setelah dilakukan perawatan meningkat hingga sebesar 72%
 - b. Sebelum perawatan *shaft driver* sebesar 36% setelah dilakukan perawatan meningkat hingga sebesar 70.5%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini saran yang dapat disampaikan adalah :

1. Pihak perusahaan sebaiknya menerapkan *preventive maintenance* dan mulai menghilangkan kebijakan *corrective maintenance* kecuali untuk *equipment* tertentu yang tidak berdampak pada kerugian segi ekonomis maupun performa.

2. Diperlukan pencatatan berkala pada setiap kegiatan perawatan dan kerusakan yang terjadi, sehingga dapat mempertimbangkan dan memutuskan tindakan perawatan yang akan dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya *breakdown* saat proses produksi berjalan.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahyari, Agus. 2002. *Manajemen Produksi Perencanaan Sistem Produksi*. Edisi Empat. BPFE : Yogyakarta
- Assauri, Sofjan. 2004. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia : Jakarta
- Besterfield, Dale.H. 1998. *Quality Control, 5th Edition*. Prentice-Hall : New Jersey
- Ebeling, C.E. 1997. *Reliability and Maintainability Engineering*. The McRaw-Hill Companies, INC : USA
- Indrajit, R. Eko dan Richardus Djokopranoto. 2003. *Manajemen Persediaan : Barang Umum dan Suku Cadang untuk Keperluan Pemeliharaan, Perbaikan dan Operasi*. Grasindo : Jakarta
- Kurniawan, Fajar. 2013. *Teknik dan Aplikasi Manajemen Perawatan Industri*. Graha Ilmu : Yogyakarta
- Mufarikhah, Nurlaily dkk. 2016. *Studi Implementasi RCM untuk Peningkatan Produktivitas Dok Apung (Studi Kasus: PT.DOK dan Perkapalan Surabaya)*. Surabaya : Jurnal Teknik ITS Vol.5 No.2 ISSN : 2337-3539. Hal. G136-G141

Robie, Rizqon. *Usulan Penerapan Reliability Centered Maintenance Pada Fasilitas Power PT.H3I Untuk Peningkatan Ketersediaan Jaringan.*

Jawa Tengah : Jurnal PASTI Volume VIII No.2 Hal. 251-265

Sinulingga, Sukaria. 2011. *Metode Penelitian.* USUPress : Medan

Syahrudin. 2010. *Analisis Sistem Perawatan Mesin Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Sebagai Dasar Kebijakan Perawatan yang Optimal di PLTD "X".* Balikpapan : Jurnal Teknologi Terpadu No.1 vol.1

Turner, Wayne.C. 1993. *Pengantar Teknik Industri Edisi Ketiga.* Terjemahan : Janti Gunawan dan Nyoman Sutari, Surabaya : Guna Widya

Zakaria. 2012. *Perbaikan Mesin Digester dan Press Untuk Menurunkan Oil Losses di Stasiun Press Dengan Metode PDCA (studi kasus di pt. xyz).* Sumatera Utara : Jurnal PASTI Volume VIII No.2:287-299

LAMPIRAN 1

No :.....

Kuisisioner Penelitian Penentuan *Maintenance Significant Item***I. Identitas Responden**

Nama :

Usia :

Jabatan :

II. Petunjuk Pengisian

Pengisian kuisisioner ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kritis komponen pada sistem mesin digester PT. Perkebunan Nusantara II, Pagar Merbau.

Isilah nilai tingkat kritis komponen pada kategori keselamatan (*safety*), lingkungan (*environment*), ketersediaan (*availability*) dan biaya (*cost*) pada sistem mesin digester dengan indeks skala : 1(*Low*), 2(*Mid*), 3(*High*) pada tabel berikut :

Sistem	Safety	Environment	Availability	Cost
Coupling System	2	1	2	2
Main Motor	1	1	2	3
Steer Arm	2	1	3	1
Liner Cylinder	1	1	3	2
Bottom Plate System	1	1	3	3

LAMPIRAN 2

No :.....

Kuisisioner Penentuan *Risk Priority Number*

III. Identitas Responden

Nama :

Usia :

Jabatan :

IV. Petunjuk Pengisian

Pengisian kuisisioner ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keseriusan *effect* yang ditimbulkan jika terjadi kerusakan komponen mesin (*severity*), kemungkinan terjadinya penyebab kegagalan yang berhubungan dengan *effect* (*occurrence*) dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan (*detection*) komponen mesin digester PT. Perkebunan Nusantara II, Pagar Merbau.

Bagian I

Berilah tanda centang (✓) pada jawaban yang menurut anda paling sesuai, dengan ketentuan sebagai berikut.

Nilai	Severity
1	Kegagalan tidak berakibat apapun
2	Kegagalan tidak begitu terlihat
3	Kegagalan kecil dan dapat diatasi
4	Kegagalan menyebabkan penurunan kinerja
5	Kegagalan menyebabkan kerugian
6	Kegagalan menyebabkan tidak berfungsinya sistem
7	Kegagalan tinggi
8	Kegagalan menyebabkan tidak layak digunakan
9	Kegagalan menyebabkan tidak sesuai aturan
10	Kegagalan sangat berbahaya

Pengisian Kuisioner Bagian *Severity*

Isilah kuisioner ini sesuai dengan tanda persepsi atau pendapat anda terhadap efek yang ditimbulkan akibat kerusakan komponen mesin.

Komponen	Failure Mode	Failure Causes	Rating Severity									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Coupling Luck Nut	Gear terlepas	Gear tidak bergerak										✓
Helical Worm Gear	Putaran tidak berjalan normal	Steer Arm tidak bergerak						✓				
Pin Coupling	Melengkung dan terkikis	Putaran Gear tidak center						✓				
Fluid Coupling	Friksi tinggi	Komponen gear aus terkikis				✓						
Oil Seal	Oli bocor	Pelumasan tidak sempurna					✓					
Bearing	Aus	Putaran tidak stabil				✓						
Spacer	Bearing tidak dapat di instalasi	Gear tidak bergerak					✓					
Breaker	Motor tdiak hidup	Mesin tidak beroperasi						✓				
Dimmer Control	Putaran tidak diketahui	Pengadukan tidak sempurna					✓					
Cable wire	Terbakar	Motor tidak hidup						✓				
Stator	Tidak ada arus listrik	Motor tidak hidup								✓		
Rotor	Tidak ada arus listrik	Motor tidak hidup								✓		
Fan Blades	Sirip melengkung/patah	Motor overheat					✓					

Pengisian Kuisisioner Bagian *Severity* (Lanjutan)

Komponen	Failure Mode	Failure Causes	Rating Severity									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V Block	Aus	Arm tidak dapat di instalasi								✓		
Short, Long, Expeller Arm	Aus, melengkung dan patah	Buah tidak terlumat								✓		
Rockwool	Tipis	Panas silinder tidak merata				✓						
Temp. Gauge	Suhu tidak diketahui	Pelunakan buah tidak sempurna			✓							
Steam Injector	Gas uap tidak terinjeksi	Buah tidak lunak					✓					
Bottom Plate Perforate	Minyak mengendap	Mesin kotor dan oil losses tinggi					✓					
Chute	Buah tersangkut	Mesin berhenti			✓							
Bush	Aus dan terkikis	Putaran Arm tidak stabil					✓					
Shaft Holder	Aus dan terkikis	Shaft Driver tidak dapat di topang							✓			

Bagian II

Berilah tanda centang (√) pada jawaban yang menurut anda paling sesuai, dengan ketentuan sebagai berikut.

Nilai	Occurance
1	Kejadian lebih dari 5 tahun
2	Kejadian setiap 3-5 tahun
3	Kejadian setiap 1-3 tahun
4	Kejadian setiap 1 Tahun
5	Kejadian setiap Atau Kurang Dari 6 bulan
6	Kejadian setiap Atau Kurang Dari 3 bulan
7	Kejadian setiap bulan
8	Kejadian setiap minggu
9	Kejadian setiap 3-4 hari
10	Kejadian setiap hari

Pengisian Kuisisioner Bagian *Occurance*

Isilah kuisisioner ini sesuai dengan tanda persepsi atau pendapat anda terhadap kemungkinan terjadinya penyebab kegagalan yang berhubungan dengan *effect* akibat kerusakan komponen mesin.

Komponen	Rating Occurance									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Coupling Luck Nut		√								
Worm Gear Helical Speed Reducer			√							
Pin Coupling			√							
Fluid Coupling						√				
Oil Seal				√						
Bearing						√				
Spacer			√							
Breaker					√					
Dimmer Control					√					
Cable wire				√						
Stator			√							
Rotor			√							
Fan Blades		√								
V.Block						√				
Short, Long, Expeller Arm				√						
Rockwool		√								

Pengisian Kuisisioner Bagian Occurance (Lanjutan)

Temp. Gauge				√						
Steam Injection						√				
Bottom Plate Perforated				√						
Chute	√									
Bush				√						
Shaft Holder			√							

Bagian III

Berilah tanda centang (√) pada jawaban yang menurut anda paling sesuai, dengan ketentuan sebagai berikut.

Nilai	Detection
1	Potensi kerusakan selalu bisa terdeteksi
2	Potensi kerusakan sangat tinggi selalu terkontrol
3	Potensi kerusakan terdeteksi tinggi dan sering terkontrol
4	Potensi kerusakan kemungkinan terdeteksi tinggi
5	Potensi kerusakan terdeteksi sedang dan terkontrol berkala
6	Potensi kerusakan terdeteksi sedang dan jarang terkontrol
7	Potensi kerusakan kemungkinan kecil terdeteksi
8	Potensi kerusakan kemungkinan akan terdeteksi kecil
9	Potensi kerusakan kemungkinan akan terdeteksi kecil sekali
10	Potensi kerusakan tidak akan terdeteksi sama sekali

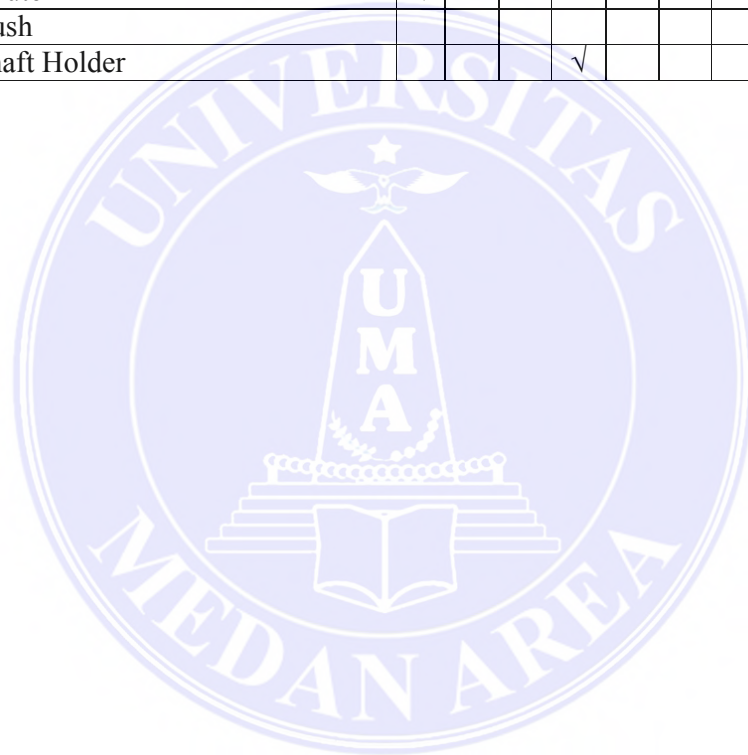
Pengisian Kuisisioner Bagian Detection

Isilah kuisisioner ini sesuai dengan tanda persepsi atau pendapat anda terhadap kemampuan mendeteksi kegagalann sebelum terjadi kerusakan komponen.

Komponen	Rating Detection									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Coupling Luck Nut	√									
Worm Gear Helical Speed Reducer	√									
Pin Coupling	√									
Fluid Coupling					√					
Oil Seal							√			
Bearing							√			
Spacer							√			
Breaker	√									
Dimmer Control	√									

Pengisian Kuisisioner Bagian *Detection* (Lanjutan)

Cable wire	√										
Stator				√							
Rotor				√							
Fan Blades							√				
V.Block								√			
Short, Long, Expeller Arm								√			
Rockwool											√
Temp. Gauge			√								
Steam Injection						√					
Bottom Plate Perforated					√						
Chute	√										
Bush								√			
Shaft Holder				√							



LAMPIRAN 3

Tabel *Standardized Normal Probabilities*

Z	$\Phi(z)$	$1-\Phi(z)$	Z	$\Phi(z)$	$1-\Phi(z)$	Z	$\Phi(z)$	$1-\Phi(z)$
-4.00000	0.00003	0.99997	-3.51000	0.00022	0.99978	-3.02000	0.00126	0.99874
-3.99000	0.00003	0.99997	-3.50000	0.00023	0.99977	-3.01000	0.00131	0.99869
-3.98000	0.00003	0.99997	-3.49000	0.00024	0.99976	-3.00000	0.00131	0.99869
-3.97000	0.00004	0.99996	-3.48000	0.00025	0.99975	-2.99000	0.00139	0.99861
-3.96000	0.00004	0.99996	-3.47000	0.00026	0.99974	-2.98000	0.00144	0.99856
-3.95000	0.00004	0.99996	-3.46000	0.00027	0.99973	-2.97000	0.00149	0.99851
-3.94000	0.00004	0.99996	-3.45000	0.00028	0.99972	-2.96000	0.00154	0.99846
-3.93000	0.00004	0.99996	-3.44000	0.00029	0.99971	-2.95000	0.00159	0.99841
-3.92000	0.00004	0.99996	-3.43000	0.00030	0.99970	-2.94000	0.00164	0.99836
-3.91000	0.00005	0.99995	-3.42000	0.00031	0.99969	-2.93000	0.00169	0.99831
-3.90000	0.00005	0.99995	-3.41000	0.00032	0.99968	-2.92000	0.00175	0.99825
-3.89000	0.00005	0.99995	-3.40000	0.00034	0.99966	-2.91000	0.00181	0.99819
-3.88000	0.00005	0.99995	-3.39000	0.00035	0.99965	-2.90000	0.00187	0.99813
-3.87000	0.00005	0.99995	-3.38000	0.00036	0.99964	-2.89000	0.00193	0.99807
-3.86000	0.00006	0.99994	-3.37000	0.00038	0.99962	-2.88000	0.00199	0.99801
-3.85000	0.00006	0.99994	-3.36000	0.00039	0.99961	-2.87000	0.00205	0.99795
-3.84000	0.00006	0.99994	-3.35000	0.00040	0.99960	-2.86000	0.00212	0.99788
-3.83000	0.00006	0.99994	-3.34000	0.00042	0.99958	-2.85000	0.00219	0.99781
-3.82000	0.00007	0.99993	-3.33000	0.00043	0.99957	-2.84000	0.00226	0.99774
-3.81000	0.00007	0.99993	-3.32000	0.00045	0.99955	-2.83000	0.00233	0.99767
-3.80000	0.00007	0.99993	-3.31000	0.00047	0.99953	-2.82000	0.00240	0.99760
-3.79000	0.00008	0.99992	-3.30000	0.00048	0.99952	-2.81000	0.00248	0.99752
-3.78000	0.00008	0.99992	-3.29000	0.00050	0.99950	-2.80000	0.00255	0.99745
-3.77000	0.00008	0.99992	-3.28000	0.00052	0.99948	-2.79000	0.00264	0.99736
-3.76000	0.00008	0.99992	-3.27000	0.00054	0.99946	-2.78000	0.00272	0.99728
-3.75000	0.00009	0.99991	-3.26000	0.00056	0.99944	-2.77000	0.00280	0.99720
-3.74000	0.00009	0.99991	-3.25000	0.00058	0.99942	-2.76000	0.00289	0.99711
-3.73000	0.00009	0.99991	-3.24000	0.00060	0.99940	-2.75000	0.00298	0.99702
-3.72000	0.00010	0.99990	-3.23000	0.00062	0.99938	-2.74000	0.00307	0.99693
-3.71000	0.00010	0.99990	-3.22000	0.00064	0.99936	-2.73000	0.00317	0.99683
-3.70000	0.00011	0.99989	-3.21000	0.00066	0.99934	-2.72000	0.00326	0.99674
-3.69000	0.00011	0.99989	-3.20000	0.00069	0.99931	-2.71000	0.00336	0.99664
-3.68000	0.00012	0.99988	-3.19000	0.00071	0.99929	-2.70000	0.00347	0.99653
-3.67000	0.00012	0.99988	-3.18000	0.00074	0.99926	-2.69000	0.00357	0.99643
-3.66000	0.00013	0.99987	-3.17000	0.00076	0.99924	-2.68000	0.00368	0.99632
-3.65000	0.00013	0.99987	-3.16000	0.00079	0.99921	-2.67000	0.00379	0.99621
-3.64000	0.00014	0.99986	-3.15000	0.00082	0.99918	-2.66000	0.00391	0.99609
-3.63000	0.00014	0.99986	-3.14000	0.00084	0.99916	-2.65000	0.00402	0.99598
-3.62000	0.00015	0.99985	-3.13000	0.00087	0.99913	-2.64000	0.00415	0.99585
-3.61000	0.00015	0.99985	-3.12000	0.00090	0.99910	-2.63000	0.00427	0.99573
-3.60000	0.00016	0.99984	-3.11000	0.00094	0.99906	-2.62000	0.00440	0.99560
-3.59000	0.00016	0.99984	-3.10000	0.00097	0.99903	-2.61000	0.00453	0.99547
-3.58000	0.00017	0.99983	-3.09000	0.00100	0.99900	-2.60000	0.00466	0.99534
-3.57000	0.00018	0.99982	-3.08000	0.00103	0.99897	-2.59000	0.00480	0.99520
-3.56000	0.00019	0.99981	-3.07000	0.00107	0.99893	-2.58000	0.00494	0.99506
-3.55000	0.00019	0.99981	-3.06000	0.00111	0.99889	-2.57000	0.00508	0.99492
-3.54000	0.00020	0.99980	-3.05000	0.00114	0.99886	-2.56000	0.00523	0.99477
-3.53000	0.00021	0.99979	-3.04000	0.00118	0.99882	-2.55000	0.00539	0.99461
-3.52000	0.00022	0.99978	-3.03000	0.00122	0.99878	-2.54000	0.00554	0.99446

Tabel Standardized Normal Probabilities

(Lanjutan)

Z	$\Phi(z)$	$1-\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	$1-\Phi(z)$	Z	$\Phi(z)$	$1-\Phi(z)$
-2.53000	0.00570	0.99430	-2.03000	0.02118	0.97882	-1.53000	0.06301	0.93699
-2.52000	0.00587	0.99413	-2.02000	0.02169	0.97831	-1.52000	0.06426	0.93574
-2.51000	0.00604	0.99396	-2.01000	0.02222	0.97778	-1.51000	0.06552	0.93448
-2.50000	0.00621	0.99379	-2.00000	0.02275	0.97725	-1.50000	0.06681	0.93319
-2.49000	0.00639	0.99361	-1.99000	0.02330	0.97670	-1.49000	0.06811	0.93189
-2.48000	0.00657	0.99343	-1.98000	0.02385	0.97615	-1.48000	0.06944	0.93056
-2.47000	0.00676	0.99324	-1.97000	0.02442	0.97558	-1.47000	0.07078	0.92922
-2.46000	0.00695	0.99305	-1.96000	0.02500	0.97500	-1.46000	0.07215	0.92785
-2.45000	0.00714	0.99286	-1.95000	0.02559	0.97441	-1.45000	0.07353	0.92647
-2.44000	0.00734	0.99266	-1.94000	0.02619	0.97381	-1.44000	0.07493	0.92507
-2.43000	0.00755	0.99245	-1.93000	0.02680	0.97320	-1.43000	0.07636	0.92364
-2.42000	0.00776	0.99224	-1.92000	0.02743	0.97257	-1.42000	0.07780	0.92220
-2.41000	0.00798	0.99202	-1.91000	0.02807	0.97193	-1.41000	0.07927	0.92073
-2.40000	0.00820	0.99180	-1.90000	0.02872	0.97128	-1.40000	0.08076	0.91924
-2.39000	0.00842	0.99158	-1.89000	0.02938	0.97062	-1.39000	0.08226	0.91774
-2.38000	0.00866	0.99134	-1.88000	0.03005	0.96995	-1.38000	0.08379	0.91621
-2.37000	0.00889	0.99111	-1.87000	0.03074	0.96926	-1.37000	0.08534	0.91466
-2.36000	0.00914	0.99086	-1.86000	0.03144	0.96856	-1.36000	0.08692	0.91308
-2.35000	0.00939	0.99061	-1.85000	0.03216	0.96784	-1.35000	0.08851	0.91149
-2.34000	0.00964	0.99036	-1.84000	0.03288	0.96712	-1.34000	0.09012	0.90988
-2.33000	0.00990	0.99010	-1.83000	0.03362	0.96638	-1.33000	0.09176	0.90824
-2.32000	0.01017	0.98983	-1.82000	0.03438	0.96562	-1.32000	0.09342	0.90658
-2.31000	0.01044	0.98956	-1.81000	0.03515	0.96485	-1.31000	0.09510	0.90490
-2.30000	0.01072	0.98928	-1.80000	0.03593	0.96407	-1.30000	0.09680	0.90320
-2.29000	0.01101	0.98899	-1.79000	0.03673	0.96327	-1.29000	0.09853	0.90147
-2.28000	0.01130	0.98870	-1.78000	0.03754	0.96246	-1.28000	0.10027	0.89973
-2.27000	0.01160	0.98840	-1.77000	0.03836	0.96164	-1.27000	0.10204	0.89796
-2.26000	0.01191	0.98809	-1.76000	0.03920	0.96080	-1.26000	0.10383	0.89617
-2.25000	0.01222	0.98778	-1.75000	0.04006	0.95994	-1.25000	0.10565	0.89435
-2.24000	0.01255	0.98745	-1.74000	0.04093	0.95907	-1.24000	0.10749	0.89251
-2.23000	0.01287	0.98713	-1.73000	0.04182	0.95818	-1.23000	0.10935	0.89065
-2.22000	0.01321	0.98679	-1.72000	0.04272	0.95728	-1.22000	0.11123	0.88877
-2.21000	0.01355	0.98645	-1.71000	0.04363	0.95637	-1.21000	0.11314	0.88686
-2.20000	0.01390	0.98610	-1.70000	0.04457	0.95543	-1.20000	0.11507	0.88493
-2.19000	0.01426	0.98574	-1.69000	0.04551	0.95449	-1.19000	0.11702	0.88298
-2.18000	0.01463	0.98537	-1.68000	0.04648	0.95352	-1.18000	0.11900	0.88100
-2.17000	0.01500	0.98500	-1.67000	0.04746	0.95254	-1.17000	0.12100	0.87900
-2.16000	0.01539	0.98461	-1.66000	0.04846	0.95154	-1.16000	0.12302	0.87698
-2.15000	0.01578	0.98422	-1.65000	0.04947	0.95053	-1.15000	0.12507	0.87493
-2.14000	0.01618	0.98382	-1.64000	0.05050	0.94950	-1.14000	0.12714	0.87286
-2.13000	0.01659	0.98341	-1.63000	0.05155	0.94845	-1.13000	0.12924	0.87076
-2.12000	0.01700	0.98300	-1.62000	0.05262	0.94738	-1.12000	0.13136	0.86864
-2.11000	0.01743	0.98257	-1.61000	0.05370	0.94630	-1.11000	0.13350	0.86650
-2.10000	0.01786	0.98214	-1.60000	0.05480	0.94520	-1.10000	0.13567	0.86433
-2.09000	0.01831	0.98169	-1.59000	0.05592	0.94408	-1.09000	0.13786	0.86214
-2.08000	0.01876	0.98124	-1.58000	0.05705	0.94295	-1.08000	0.14007	0.85993
-2.07000	0.01923	0.98077	-1.57000	0.05821	0.94179	-1.07000	0.14231	0.85769
-2.06000	0.01970	0.98030	-1.56000	0.05938	0.94062	-1.06000	0.14457	0.85543
-2.05000	0.02018	0.97982	-1.55000	0.06057	0.93943	-1.05000	0.14686	0.85314
-2.04000	0.06178	0.93822	-1.54000	0.06178	0.93822	-1.04000	0.14917	0.85083

Tabel Standardized Normal Probabilities

(Lanjutan)

Z	$\Phi(z)$	$1-\Phi(z)$	Z	$\Phi(z)$	$1-\Phi(z)$	Z	$\Phi(z)$	$1-\Phi(z)$
-1.03000	0.1515050	0.848495	-0.53000	0.2980559	0.7019441	-0.03000	0.48803	0.51197
-1.02000	0.1538642	0.8461358	-0.52000	0.3015318	0.6984682	-0.02000	0.49202	0.50798
-1.01000	0.1562477	0.8437523	-0.51000	0.3050257	0.6949743	-0.01000	0.49601	0.50399
-1.00000	0.1586553	0.8413447	-0.50000	0.3085375	0.6914625	0.00000	0.50000	0.50000
-0.99000	0.1610871	0.8389129	-0.49000	0.3120669	0.6879331	0.01000	0.50399	0.49601
-0.98000	0.1635431	0.8364569	-0.48000	0.3156137	0.6843863	0.02000	0.50798	0.49202
-0.97000	0.1660232	0.8339768	-0.47000	0.3191775	0.6808225	0.03000	0.51197	0.48803
-0.96000	0.1685276	0.8314724	-0.46000	0.3227581	0.6772419	0.04000	0.5159535	0.4840465
-0.95000	0.1710561	0.8289439	-0.45000	0.3263552	0.6736448	0.05000	0.5199389	0.4800611
-0.94000	0.1736088	0.8263912	-0.44000	0.3299686	0.6700314	0.06000	0.5239223	0.4760777
-0.93000	0.1761855	0.8238145	-0.43000	0.3335979	0.6664021	0.07000	0.5279032	0.4720968
-0.92000	0.1787864	0.8212136	-0.42000	0.3372428	0.6627572	0.08000	0.5318814	0.4681186
-0.91000	0.1814112	0.8185888	-0.41000	0.340903	0.659097	0.09000	0.5358565	0.4641435
-0.90000	0.1840601	0.8159399	-0.40000	0.3445783	0.6554217	0.10000	0.5398279	0.4601721
-0.89000	0.1867329	0.8132671	-0.39000	0.3482683	0.6517317	0.11000	0.5437954	0.4562046
-0.88000	0.1894296	0.8105704	-0.38000	0.3519728	0.6480272	0.12000	0.5477585	0.4522415
-0.87000	0.1921502	0.8078498	-0.37000	0.3556913	0.6443087	0.13000	0.5517168	0.4482832
-0.86000	0.1948945	0.8051055	-0.36000	0.3594236	0.6405764	0.14000	0.55567	0.444433
-0.85000	0.1976625	0.8023375	-0.35000	0.3631694	0.6368306	0.15000	0.5596177	0.4403823
-0.84000	0.2004541	0.7995459	-0.34000	0.3669283	0.6330717	0.16000	0.5635595	0.4364405
-0.83000	0.2032693	0.7967307	-0.33000	0.3707	0.6293	0.17000	0.5674949	0.4325051
-0.82000	0.2061080	0.793892	-0.32000	0.3744842	0.6255158	0.18000	0.5714237	0.4285763
-0.81000	0.2089700	0.79103	-0.31000	0.3782805	0.6217195	0.19000	0.5753454	0.4246546
-0.80000	0.2118553	0.7881447	-0.30000	0.3820886	0.6179114	0.20000	0.5792597	0.4207403
-0.79000	0.2147638	0.7852362	-0.29000	0.3859082	0.6140918	0.21000	0.5831661	0.4168339
-0.78000	0.2176954	0.7823046	-0.28000	0.3897388	0.6102612	0.22000	0.5870644	0.4129356
-0.77000	0.2206499	0.7793501	-0.27000	0.3935802	0.6064198	0.23000	0.5909541	0.4090459
-0.76000	0.2236272	0.7763728	-0.26000	0.3974319	0.6025681	0.24000	0.5948348	0.4051652
-0.75000	0.2266273	0.7733727	-0.25000	0.4012937	0.5987063	0.25000	0.5987063	0.4012937
-0.74000	0.2296499	0.7703501	-0.24000	0.4051652	0.5948348	0.26000	0.6025681	0.3974319
-0.73000	0.2326950	0.767305	-0.23000	0.4090459	0.5909541	0.27000	0.6064198	0.3935802
-0.72000	0.2357624	0.7642376	-0.22000	0.4129356	0.5870644	0.28000	0.6102612	0.3897388
-0.71000	0.2388520	0.761148	-0.21000	0.4168339	0.5831661	0.29000	0.6140918	0.3859082
-0.70000	0.2419636	0.7580364	-0.20000	0.4207403	0.5792597	0.30000	0.6179114	0.3820886
-0.69000	0.2450970	0.754903	-0.19000	0.4246546	0.5753454	0.31000	0.6217195	0.3782805
-0.68000	0.2482522	0.7517478	-0.18000	0.4285763	0.5714237	0.32000	0.6255158	0.3744842
-0.67000	0.2514288	0.7485712	-0.17000	0.4325051	0.5674949	0.33000	0.6293	0.3707
-0.66000	0.2546268	0.7453732	-0.16000	0.4364405	0.5635595	0.34000	0.6330717	0.3669283
-0.65000	0.2578460	0.742154	-0.15000	0.4403823	0.5596177	0.35000	0.6368306	0.3631694
-0.64000	0.2610862	0.7389138	-0.14000	0.44433	0.55567	0.36000	0.6405764	0.3594236
-0.63000	0.2643472	0.7356528	-0.13000	0.4482832	0.5517168	0.37000	0.6443087	0.3556913
-0.62000	0.2676288	0.7323712	-0.12000	0.4522415	0.5477585	0.38000	0.6480272	0.3519728
-0.61000	0.2709308	0.7290692	-0.11000	0.4562046	0.5437954	0.39000	0.6517317	0.3482683
-0.60000	0.2742531	0.7257469	-0.10000	0.4601721	0.5398279	0.40000	0.6554217	0.3445783
-0.59000	0.2775953	0.7224047	-0.09000	0.4641435	0.5358565	0.41000	0.659097	0.340903
-0.58000	0.2809573	0.7190427	-0.08000	0.4681186	0.5318814	0.42000	0.6627572	0.3372428
-0.57000	0.2843388	0.7156612	-0.07000	0.4720968	0.5279032	0.43000	0.6664021	0.3335979
-0.56000	0.2877397	0.7122603	-0.06000	0.4760777	0.5239223	0.44000	0.6700314	0.3299686
-0.55000	0.2911597	0.7088403	-0.05000	0.4800611	0.5199389	0.45000	0.6736448	0.3263552
-0.54000	0.2945985	0.7054015	-0.04000	0.4840465	0.5159535	0.46000	0.6772419	0.3227581

Tabel Standardized Normal Probabilities

(Lanjutan)

Z	$\Phi(z)$	$1-\Phi(z)$	Z	$\Phi(z)$	$1-\Phi(z)$	Z	$\Phi(z)$	$1-\Phi(z)$
0.47000	0.6808225	0.3191775	0.90000	0.8159399	0.1840601	1.33000	0.90824	0.09176
0.48000	0.6843863	0.3156137	0.91000	0.8185888	0.1814112	1.34000	0.90988	0.09012
0.49000	0.6879331	0.3120669	0.92000	0.8212136	0.1787864	1.35000	0.91149	0.08851
0.50000	0.6914625	0.3085375	0.93000	0.8238145	0.1761855	1.36000	0.91308	0.08692
0.51000	0.6949743	0.3050257	0.94000	0.8263912	0.1736088	1.37000	0.91466	0.08534
0.52000	0.6984682	0.3015318	0.95000	0.8289439	0.1710561	1.38000	0.91621	0.08379
0.53000	0.7019441	0.2980559	0.96000	0.8314724	0.1685276	1.39000	0.91774	0.08226
0.54000	0.7054015	0.2945985	0.97000	0.8339768	0.1660232	1.40000	0.91924	0.08076
0.55000	0.7088403	0.2911597	0.98000	0.8364569	0.1635431	1.41000	0.92073	0.07927
0.56000	0.7122603	0.2877397	0.99000	0.8389129	0.1610871	1.42000	0.9222	0.0778
0.57000	0.7156612	0.2843388	1.0000	0.8413447	0.1586553	1.43000	0.92364	0.07636
0.58000	0.7190427	0.2809573	1.01000	0.8437523	0.1562477	1.44000	0.92507	0.07493
0.59000	0.7224047	0.2775953	1.02000	0.8461358	0.1538642	1.45000	0.92647	0.07353
0.60000	0.7257469	0.2742531	1.03000	0.848495	0.151505	1.46000	0.92785	0.07215
0.61000	0.7290692	0.2709308	1.04000	0.85083	0.14917	1.47000	0.92922	0.07078
0.62000	0.7323712	0.2676288	1.05000	0.85314	0.14686	1.48000	0.93056	0.06944
0.63000	0.7356528	0.2643472	1.06000	0.85543	0.14457	1.49000	0.93189	0.06811
0.64000	0.7389138	0.2610862	1.07000	0.85769	0.14231	1.50000	0.93319	0.06681
0.65000	0.742154	0.257846	1.08000	0.85993	0.14007	1.51000	0.93448	0.06552
0.66000	0.7453732	0.2546268	1.09000	0.86214	0.13786	1.52000	0.93574	0.06426
0.67000	0.7485712	0.2514288	1.10000	0.86433	0.13567	1.53000	0.93699	0.06301
0.68000	0.7517478	0.2482522	1.11000	0.8665	0.1335	1.54000	0.93822	0.06178
0.69000	0.754903	0.245097	1.12000	0.86864	0.13136	1.55000	0.93943	0.06057
0.70000	0.7580364	0.2419636	1.13000	0.87076	0.12924	1.56000	0.94062	0.05938
0.71000	0.761148	0.238852	1.14000	0.87286	0.12714	1.57000	0.94179	0.05821
0.72000	0.7642376	0.2357624	1.15000	0.87493	0.12507	1.58000	0.94295	0.05705
0.73000	0.767305	0.232695	1.16000	0.87698	0.12302	1.59000	0.94408	0.05592
0.74000	0.7703501	0.2296499	1.17000	0.879	0.121	1.60000	0.9452	0.0548
0.75000	0.7733727	0.2266273	1.18000	0.881	0.119	1.61000	0.9463	0.0537
0.76000	0.7763728	0.2236272	1.19000	0.88298	0.11702	1.62000	0.94738	0.05262
0.77000	0.7793501	0.2206499	1.20000	0.88493	0.11507	1.63000	0.94845	0.05155
0.78000	0.7823046	0.2176954	1.21000	0.88686	0.11314	1.64000	0.9495	0.0505
0.79000	0.7852362	0.2147638	1.22000	0.88877	0.11123	1.65000	0.95053	0.04947
0.80000	0.7881447	0.2118553	1.23000	0.89065	0.10935	1.66000	0.95154	0.04846
0.81000	0.79103	0.20897	1.24000	0.89251	0.10749	1.67000	0.95254	0.04746
0.82000	0.793892	0.206108	1.25000	0.89435	0.10565	1.68000	0.95352	0.04648
0.83000	0.7967307	0.2032693	1.26000	0.89617	0.10383	1.69000	0.95449	0.04551
0.84000	0.7995459	0.2004541	1.27000	0.89796	0.10204	1.70000	0.95543	0.04457
0.85000	0.8023375	0.1976625	1.28000	0.89973	0.10027	1.71000	0.95637	0.04363
0.86000	0.8051055	0.1948945	1.29000	0.90147	0.09853	1.72000	0.95728	0.04272
0.87000	0.8078498	0.1921502	1.30000	0.9032	0.0968	1.73000	0.95818	0.04182
0.88000	0.8105704	0.1894296	1.31000	0.9049	0.0951	1.74000	0.95907	0.04093
0.89000	0.8132671	0.1867329	1.32000	0.90658	0.09342	1.75000	0.95994	0.04006

Tabel *Standardized Normal Probabilities*

(Lanjutan)

Z	$\Phi(z)$	$1-\Phi(z)$	Z	$\Phi(z)$	$1-\Phi(z)$	Z	$\Phi(z)$	$1-\Phi(z)$
1.76000	0.9608	0.0392	2.19000	0.98574	0.01426	2.62000	0.9956	0.0044
1.77000	0.96164	0.03836	2.20000	0.9861	0.0139	2.63000	0.99573	0.00427
1.78000	0.96246	0.03754	2.21000	0.98645	0.01355	2.64000	0.99585	0.00415
1.79000	0.96327	0.03673	2.22000	0.98679	0.01321	2.65000	0.99598	0.00402
1.80000	0.96407	0.03593	2.23000	0.98713	0.01287	2.66000	0.99609	0.00391
1.81000	0.96485	0.03515	2.24000	0.98745	0.01255	2.67000	0.99621	0.00379
1.82000	0.96562	0.03438	2.25000	0.98778	0.01222	2.68000	0.99632	0.00368
1.83000	0.96638	0.03362	2.26000	0.98809	0.01191	2.69000	0.99643	0.00357
1.84000	0.96712	0.03288	2.27000	0.9884	0.0116	2.70000	0.99653	0.00347
1.85000	0.96784	0.03216	2.28000	0.9887	0.0113	2.71000	0.99664	0.00336
1.86000	0.96856	0.03144	2.29000	0.98899	0.01101	2.72000	0.99674	0.00326
1.87000	0.96926	0.03074	2.30000	0.98928	0.01072	2.73000	0.99683	0.00317
1.88000	0.96995	0.03005	2.31000	0.98956	0.01044	2.74000	0.99693	0.00307
1.89000	0.97062	0.02938	2.32000	0.98983	0.01017	2.75000	0.99702	0.00298
1.90000	0.97128	0.02872	2.33000	0.9901	0.0099	2.76000	0.99711	0.00289
1.91000	0.97193	0.02807	2.34000	0.99036	0.00964	2.77000	0.9972	0.0028
1.92000	0.97257	0.02743	2.35000	0.99061	0.00939	2.78000	0.99728	0.00272
1.93000	0.9732	0.0268	2.36000	0.99086	0.00914	2.79000	0.99736	0.00264
1.94000	0.97381	0.02619	2.37000	0.99111	0.00889	2.80000	0.99745	0.00255
1.95000	0.97441	0.02559	2.38000	0.99134	0.00866	2.81000	0.99752	0.00248
1.96000	0.975	0.025	2.39000	0.99158	0.00842	2.82000	0.9976	0.0024
1.97000	0.97558	0.02442	2.40000	0.9918	0.0082	2.83000	0.99767	0.00233
1.98000	0.97615	0.02385	2.41000	0.99202	0.00798	2.84000	0.99774	0.00226
1.99000	0.9767	0.0233	2.42000	0.99224	0.00776	2.85000	0.99781	0.00219
2.00000	0.97725	0.02275	2.43000	0.99245	0.00755	2.86000	0.99788	0.00212
2.01000	0.97778	0.02222	2.44000	0.99266	0.00734	2.87000	0.99795	0.00205
2.02000	0.97831	0.02169	2.45000	0.99286	0.00714	2.88000	0.99801	0.00199
2.03000	0.97882	0.02118	2.46000	0.99305	0.00695	2.89000	0.99807	0.00193
2.04000	0.93822	0.06178	2.47000	0.99324	0.00676	2.90000	0.99813	0.00187
2.05000	0.97982	0.02018	2.48000	0.99343	0.00657	2.91000	0.99819	0.00181
2.06000	0.9803	0.0197	2.49000	0.99361	0.00639	2.92000	0.99825	0.00175
2.07000	0.98077	0.01923	2.50000	0.99379	0.00621	2.93000	0.99831	0.00169
2.08000	0.98124	0.01876	2.51000	0.99396	0.00604	2.94000	0.99836	0.00164
2.09000	0.98169	0.01831	2.52000	0.99413	0.00587	2.95000	0.99841	0.00159
2.10000	0.98214	0.01786	2.53000	0.9943	0.0057	2.96000	0.99846	0.00154
2.11000	0.98257	0.01743	2.54000	0.99446	0.00554	2.97000	0.99851	0.00149
2.12000	0.983	0.017	2.55000	0.99461	0.00539	2.98000	0.99856	0.00144
2.13000	0.98341	0.01659	2.56000	0.99477	0.00523	2.99000	0.99861	0.00139
2.14000	0.98382	0.01618	2.57000	0.99492	0.00508	3.00000	0.99869	0.00131
2.15000	0.98422	0.01578	2.58000	0.99506	0.00494	3.01000	0.99869	0.00131
2.16000	0.98461	0.01539	2.59000	0.9952	0.0048	3.02000	0.99874	0.00126
2.17000	0.985	0.015	2.60000	0.99534	0.00466	3.03000	0.99878	0.00122
2.18000	0.98537	0.01463	2.61000	0.99547	0.00453	3.04000	0.99882	0.00118

Tabel Standardized Normal Probabilities

(Lanjutan)

Z	$\Phi(z)$	$1-\Phi(z)$	Z	$\Phi(z)$	$1-\Phi(z)$	Z	$\Phi(z)$	$1-\Phi(z)$
3.04000	0.99882	0.00118	3.36000	0.99961	0.00039	3.68000	0.99988	0.00012
3.05000	0.99886	0.00114	3.37000	0.99962	0.00038	3.69000	0.99989	0.00011
3.06000	0.99889	0.00111	3.38000	0.99964	0.00036	3.70000	0.99989	0.00011
3.07000	0.99893	0.00107	3.39000	0.99965	0.00035	3.71000	0.9999	0.0001
3.08000	0.99897	0.00103	3.40000	0.99966	0.00034	3.72000	0.9999	0.0001
3.09000	0.999	0.001	3.41000	0.99968	0.00032	3.73000	0.99991	0.00009
3.10000	0.9903	0.0097	3.42000	0.99969	0.00031	3.74000	0.99991	0.00009
3.11000	0.99906	0.00094	3.43000	0.9997	0.0003	3.75000	0.99991	0.00009
3.12000	0.9991	0.0009	3.44000	0.99971	0.00029	3.76000	0.99992	0.00008
3.13000	0.99913	0.00087	3.45000	0.99972	0.00028	3.77000	0.99992	0.00008
3.14000	0.99916	0.00084	3.46000	0.99973	0.00027	3.78000	0.99992	0.00008
3.15000	0.99918	0.00082	3.47000	0.99974	0.00026	3.79000	0.99992	0.00008
3.16000	0.99921	0.00079	3.48000	0.99975	0.00025	3.80000	0.99993	0.00007
3.17000	0.99924	0.00076	3.49000	0.99976	0.00024	3.81000	0.99993	0.00007
3.18000	0.99926	0.00074	3.50000	0.99977	0.00023	3.82000	0.99993	0.00007
3.19000	0.99929	0.00071	3.51000	0.99978	0.00022	3.83000	0.99994	0.00006
3.20000	0.99931	0.00069	3.52000	0.99978	0.00022	3.84000	0.99994	0.00006
3.21000	0.99934	0.00066	3.53000	0.99979	0.00021	3.85000	0.99994	0.00006
3.22000	0.99936	0.00064	3.54000	0.9998	0.0002	3.86000	0.99994	0.00006
3.23000	0.99938	0.00062	3.55000	0.99981	0.00019	3.87000	0.99995	0.00005
3.24000	0.9994	0.0006	3.56000	0.99981	0.00019	3.88000	0.99995	0.00005
3.25000	0.99942	0.00058	3.57000	0.99982	0.00018	3.89000	0.99995	0.00005
3.26000	0.99944	0.00056	3.58000	0.99983	0.00017	3.9000	0.99995	0.00005
3.27000	0.99946	0.00054	3.59000	0.99984	0.00016	3.91000	0.99995	0.00005
3.28000	0.99948	0.00052	3.60000	0.99984	0.00016	3.92000	0.99996	0.00004
3.29000	0.9995	0.0005	3.61000	0.99985	0.00015	3.93000	0.99996	0.00004
3.30000	0.99952	0.00048	3.62000	0.99985	0.00015	3.94000	0.99996	0.00004
3.31000	0.99953	0.00047	3.63000	0.99986	0.00014	3.95000	0.99996	0.00004
3.32000	0.99955	0.00045	3.64000	0.99986	0.00014	3.96000	0.99996	0.00004
3.33000	0.99957	0.00043	3.65000	0.99987	0.00013	3.97000	0.99996	0.00004
3.34000	0.99958	0.00042	3.66000	0.99987	0.00013	3.98000	0.99997	0.00003
3.35000	0.9996	0.0004	3.67000	0.99988	0.00012	3.99000	0.99997	0.00003
						4.00000	0.99997	0.00003

LAMPIRAN 4

Tabel *Kolmogorov-Smirnov*

Sample n	α			
	0.10	0.05	0.02	0.01
1	0.95000	0.97500	0.99000	0.99500
2	0.77639	0.84189	0.90000	0.92929
3	0.63604	0.70670	0.78456	0.82900
4	0.56522	0.62394	0.68887	0.73424
5	0.50945	0.56328	0.62718	0.66853
6	0.46799	0.51926	0.57741	0.61661
7	0.43607	0.48342	0.53844	0.57581
8	0.40962	0.45427	0.50654	0.54179
9	0.38746	0.43001	0.47960	0.51332
10	0.36866	0.40925	0.45662	0.48893
15	0.30397	0.33760	0.37713	0.40420
20	0.26473	0.29408	0.32866	0.35241
25	0.23768	0.26404	0.29516	0.31657
30	0.21756	0.24170	0.27023	0.28987
35	0.20185	0.22425	0.26073	0.26897
40	0.18913	0.21012	0.23494	0.25205
>40	$\frac{1.22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.51}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$

LAMPIRAN 5

Tabel *Chi-Square*

Derajat Kebebasan	χ^2							
	0.90	0.975	0.95	0.90	0.10	0.05	0.025	0.01
1	-	0.001	0.004	0.016	2.706	3.841	5.024	6.635
2	0.020	0.051	0.103	0.211	4.605	5.991	7.378	9.210
3	0.115	0.216	0.352	0.584	6.251	7.815	9.348	11.345
4	0.297	0.484	0.711	1.064	7.779	9.488	11.143	13.277
5	0.554	0.831	1.145	1.610	9.236	11.071	12.833	15.086
6	0.872	1.237	1.635	2.204	10.645	12.592	14.449	16.812
7	1.239	1.690	2.167	2.833	12.017	14.067	16.013	18.475
8	1.646	2.180	2.733	3.490	13.362	15.507	17.535	20.090
9	2.088	2.700	3.325	4.168	14.684	16.919	19.023	21.666
10	2.558	3.247	3.490	4.865	15.987	18.307	20.483	23.209

LAMPIRAN 6**Tabel F *Distribution***

		V1					
V2	α	1	2	3	4	5	6
1	0.05	161	200	216	225	230	234
2		18.5	19.0	19.2	19.2	19.3	19.3
3		10.1	9.55	9.28	9.12	9.10	8.94
4		7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16
5		6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95
6		5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28

LAMPIRAN 7

Tabel *Gamma*

X	$\Gamma(x)$	X	$\Gamma(x)$
1.01	0.99433	1.26	0.90440
1.02	0.98884	1.27	0.90250
1.03	0.98355	1.28	0.90072
1.04	0.97844	1.29	0.89904
1.05	0.97350	1.30	0.89747
1.06	0.96874	1.31	0.89600
1.07	0.96415	1.32	0.89464
1.08	0.95973	1.33	0.89338
1.09	0.95546	1.34	0.89222
1.10	0.95153	1.35	0.89115
1.11	0.94740	1.36	0.89018
1.12	0.94359	1.37	0.88931
1.13	0.93993	1.38	0.88854
1.14	0.93642	1.39	0.88785
1.15	0.93304	1.40	0.88726
1.16	0.92980	1.41	0.88676
1.17	0.92670	1.42	0.88636
1.18	0.92373	1.43	0.88604
1.19	0.92089	1.44	0.88581
1.20	0.91817	1.45	0.88566
1.21	0.91558	1.46	0.88560
1.22	0.91311	1.47	0.88563
1.23	0.91075	1.48	0.88575
1.24	0.90852	1.49	0.88595
1.25	0.90640	1.50	0.88623