

TESIS
ANALISA MANAJEMEN PEMELIHARAAN
PERALATAN INDUCE DRAFT FAN (IDF) PLTU
DENGAN PENDEKATAN LIFE CYCLE COST



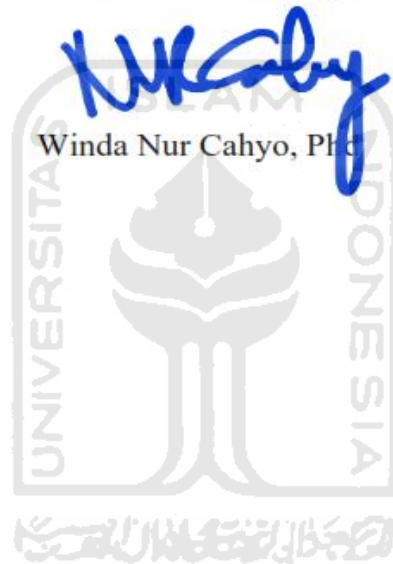
PROGRAM PASCA SARJANA
MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2020

LEMBARAN PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISA MANAJEMEN PEMELIHARAAN PERALATAN INDUCE DRAFT FAN (IDF) PLTU DENGAN PENDEKATAN LIFE CYCLE COST

Telah di setujui tanggal Agustus 2020

Dosen Pembimbing




Winda Nur Cahyo, PhD

Lembar Penetapan Panitia Penguji Tesis

Tesis Telah Diuji dan Dinilai Oleh Panitia Penguji
Program Megister Teknik Industri
Universitas Islam Indonesia
Disusun Oleh :
Pada Tanggal 31 Agustus 2020

Ketua
Penguji I


Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D.

Anggota
Penguji II


Dr. Ir. Elisa Kusri, M.T., CPIM., CSCP

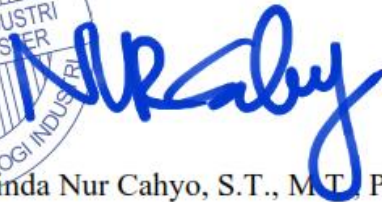
Anggota
Penguji III


Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri
Program Magister




Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D

ABSTRACT

To maintain the performance for optimalization operating at Coal Fire Power Plant (CFPP) the reliability of power plant equipment needs to be maintained especially on critical equipment. Based on power plant failure data (include derating and outage time) during the period 2012 – 2017, one of the critical equipment is the Induce Draft Fan (IDF) equipment.

The Journal will analyze the reliability, availability and maintainability for the Induce Draft Fan (IDF) equipment with the approach of Life Cycle Cost Analysis (LCCA) at the Coal Fire Power Plant. Using the IDF equipment failure data during the period 2012 - 2017 which is processed using Minitab 17 application with Weibull Analysis method, the data analysis results obtained the mean value (μ) for MTTF and shape parameters (β) and scale parameters (η) for calculation data MTTR. From these data combined with the hours of annual routine maintenance periods for each unit, used to calculate the operating and maintenance hours of IDF equipment for a year which is then combined with operational cost data so that the total operating and maintenance costs for the IDF machines are obtained during the period 15 years of operation. Consider with assumptions for the calculation, the final results of the analysis can provide input for management to making appropriate decisions in optimizing the cost of maintaining the Induce Draft Fan (IDF) equipment's.

Based on analysis of qualitative data, Mean Time to Failure (MTTF) and Mean Time to Repair (MTTR) values for the IDF 1A Induce Draft Fan (IDF) for 10,726.6 hours and 43.84 hours, IDF 1B for 4,891.07 hours and 5.35 hours, IDF 2A machines for 5961.44 hours and 75.45 hours, IDF 2B machines for 7,047.26 hours and 163.70 hours, IDF 3A machines for 5,059.77 hours and 220.86 hours and machines IDF 3B for 7,218.89 hours and 101.14 hours. And the results of calculations with the Life Cycle Cost analysis approach for 15 years obtained the lowest total maintenance cost is IDF unit 1 of 527.68 billion.

Keywords: Induce Draft Fan, Mean Time to Failure, Life Cycle Cost Analysis

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini merupakan tulisan asli dari penulis, dan tidak berisi material yang telah diterbitkan sebelumnya atau tulisan dari penulis lain terkecuali referensi atas material tersebut telah disebutkan dalam tesis. Apabila ada kontribusi dari penulis lain dalam tesis ini, maka penulis lain tersebut secara eksplisit telah disebutkan dalam tesis ini.

Dengan ini saya juga menyatakan bahwa segala kontribusi dari pihak lain terhadap tesis ini, termasuk bantuan analisis statistik, desain survei, analisis data, prosedur teknis yang bersifat signifikan, dan segala bentuk aktivitas penelitian yang dipergunakan atau dilaporkan dalam tesis ini telah secara eksplisit disebutkan dalam tesis ini.

Segala bentuk hak cipta yang terdapat dalam material dokumen tesis ini berada dalam kepemilikan pemilik hak cipta masing-masing. Apabila dibutuhkan, penulis juga telah mendapatkan izin dari pemilik hak cipta untuk menggunakan ulang materialnya dalam tesis ini.

Yogyakarta, Agustus 2020



Nova Ardyanto, ST

PERNYATAAN KEASLIAN NASKAH TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Nova Ardyanto
Nomor Mahasiswa : 14916207
Program Studi : Magister Teknik Industri - Manajemen Industri
Judul Proposal Tesis : ANALISA MANAJEMEN PEMELIHARAAN
PERALATAN INDUCE DRAFT FAN (IDF)
PLTU DENGAN PENDEKATAN LIFE
CYCLE COST (LCC).

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis ini benar-benar saya kerjakan sendiri. Naskah tesis ini bukan menyatakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non-material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan naskah proposal tesis saya secara orisinil dan otentik. Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan. Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak maupun demi menegakan integritas akademik di institusi ini.

Yogyakarta, Agustus 2020



Nova Ardyanto

Publikasi selama masa studi



Publikasi yang menjadi bagian dari tesis



KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena hanya berkat limpahan rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “Analisa Manajemen Pemeliharaan Peralatan Induce Draft Fan (IDF) PLTU dengan Pendekatan Life Cycle Cost (LCC)” untuk memenuhi syarat yang telah ditetapkan dan wajib dilaksanakan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar Master pada Program Pascasarjana Magister Teknik Industri FTI UII, pada kesempatan ini penulis mengucapkan teima kasih kepada :

1. Istri yang tersayang Ratna Dewi Rahmawati yang selalu memberikan dukungan, serta Adeeva Kinara Myesa Ardyanto dan Adzkia Naila Karinadewi Ardyanto.
2. Keluarga Besar Bapak Amin Suhari dan ibu Endang Widati, dan Saudara kandung Meta Hestiani.
3. Keluarga Besar Istri, Bapak Dwi Mulyatma dan ibu Wisnadari dan Saudara Arif Kurniawan.
4. Dosen Pembimbing Bapak Winda Nur Cahyo, ST., MT., Ph.D yang dengan ikhlas dan sabar meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan, dan memotivasi dalam penyusunan tesis ini.
5. Dosen Penguji Ibu Dr. Ir. Elisa Kusriani, MT., CPIM., CSCP dan Bapak Dr. Taufiq Immawan, ST., MM.
6. Seluruh manajemen PT PLN (Persero) Kantor Pusat Regional Jawa Bagian Barat: Bapak Bima Putrajaya, Bapak I Wayan Udayana, Bapak Irwan Amri dan semua manajemen yang berikan ijin, dukungan dan motivasi dalam penyelesaian tesis ini.
7. Semua pihak yang belum disebutkan namun banyak berjasa dalam penyusunan Tesis ini.

Penulis menyadari bahwa Tesis ini masih belum sempurna sesuai dengan apa yang diharapkan, maka dari itu. Penulis mohon kritikan dan saran demi penyempurnaan penulisan Tesis ini. Semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi semua. Amin.

Yogyakarta, Agustus 2020

Penulis

Nova Ardyanto



DAFTAR ISI

JUDUL	
LEMBARAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
ABSTRACT.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN NASKAH PROPOSAL TESIS	iv
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GRAFIK.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Proses Operasi PLTU Batubara	5
2.2. Manajemen Aset	6
2.2.1. Pengertian Manajemen Aset	6
2.2.2. Life Cycle Delivery.....	7
2.3. Manajemen Pemeliharaan	9
2.3.1. Pengertian Pemeliharaan.....	9
2.3.2. Jenis – Jenis Pemeliharaan.....	10
2.4. Keandalan, Ketersediaan dan Kemampu-rawatan	12
2.4.1. Keandalan (<i>Reliability</i>)	12
2.4.2. Ketersediaan (<i>Avaibility</i>).....	13
2.4.3. Kemampu-rawatan (<i>Maintainability</i>).....	14
2.5. <i>Life Cycle Cost Analysis</i>	14
2.5.1. Definisi <i>Life Cycle Cost</i>	14
2.5.2. Tujuan <i>Life Cycle Cost</i>	15

2.5.3.	Perhitungan LCC	16
BAB III KERANGKA KONSEP PENELITIAN		18
3.1.	Bagan Kerangka Konsep Pelaksanaan Penelitian.....	18
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN.....		19
4.1.	Bagan Alur Metodologi Penerlitian	19
4.2.	Lokasi Penelitian.....	19
4.3.	Cara menentukan Data	19
4.3.	Cara Menentukan Data Sampel dan Jumlah Data Sampel.....	20
4.4.	Cara mengelola Data.....	21
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....		22
5.1.	Data Waktu Gangguan	22
5.2.	Waktu Kerusakan Gangguan	22
5.3.	Perhitungan Nilai Mean Time to Failure (MTF)	25
5.4.	Perhitungan Nilai Mean Time to Repair pada mesin IDF.....	29
5.5.	Analisa Biaya	34
5.5.1.	Biaya Investasi Awal/ Investmen Cost (CI).....	34
5.5.2.	Biaya Operasional / Operational Cost (CO)	34
5.5.3.	Biaya Pemeliharaan	34
5.5.4.	Biaya Perbaikan Kerusakan (CF).....	37
5.5.5.	Analisa Lyfe Cycle Cost	38
BAB VI PENUTUP.....		51
6.1.	Kesimpulan	41
6.2.	Saran	41
Daftar Pustaka... ..		47

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 1.1. PERSENTASI KEHILANGAN PRODUKSI PER SISTEM PEMBANGKIT (DALAM GWH).....	2
GAMBAR 1.1. 2.1 SISTEM OPERASI PLTU.....	5
GAMBAR 2.2. ASSET MANAGEMENT ANATOMY (ASSET MANAGEMENT - AN ANATOMY VERSION 3 GAMBAR 2.2. 2015)	7
GAMBAR 2.3. HUBUNGAN RELIABILITY DENGAN LIFE CYCLE COST...13	
GAMBAR 2.4. COST MODEL TO INCREAS PLANT’S NPV	15
GAMBAR 2.5.OPTIMUM TIME IN MAINTENANCE OR LIFE CYCLE.....	16
GAMBAR 3.1. KERANGKA ALUR KONSEP PENELITIAN.....	18
GAMBAR 4.1. DIAGRAM ALUR METODOLOGI.....	19

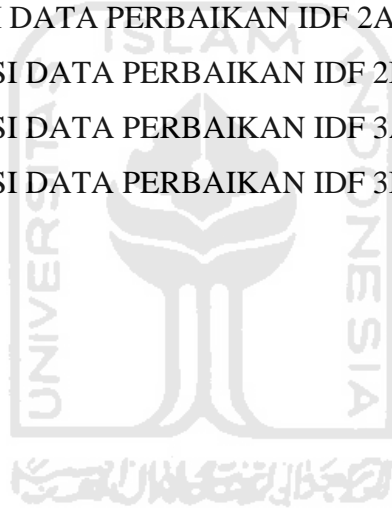


DAFTAR TABEL

TABEL 5.1. PERHITUNGAN TTF & TTR UNTUK IDF 1A.....	22
TABEL 5.2. PERHITUNGAN TTF & TTR UNTUK IDF 1B.....	23
TABEL 5.3. PERHITUNGAN TTF & TTR UNTUK IDF 2A.....	23
TABEL 5.4. PERHITUNGAN TTF & TTR UNTUK IDF 2B.....	24
TABEL 5.5. PERHITUNGAN TTF & TTR UNTUK IDF 3A.....	24
TABEL 5.6. PERHITUNGAN TTF & TTR UNTUK IDF 3B.....	25
TABEL 5.7. DATA DURASI GANGGUAN IDF (JAM).....	25
TABEL 5.8. DATA HASIL SIMULASI MTTF.....	29
TABEL 5.9 .DATA DURASI PERBAIKAN IDF (JAM).....	29
TABEL 5.10. DATA HASIL SIMULASI PERBAIKAN IDF.....	34
TABEL 5.11. DATA SIMULASI MTTF IDF.....	34
TABEL 5.12. PERHITUNGAN INVESTASI MESIN IDF PER UNIT.....	35
TABEL 5.13. DURASI PEMELIHARAAN PERIODIK UNIT.....	36
TABEL 5.14. JAM OPERASI PER TAHUN.....	36
TABEL 5.15. BIAYA PEKERJAAN PEMELIHARAAN RUTIN FYI.....	36
TABEL 5.16. BIAYA PEKERJAAN PEMELIHARAAN RUTIN SI.....	37
TABEL 5.17. BIAYA PEKERJAAN PEMELIHARAAN RUTIN ME.....	37
TABEL 5.18. BIAYA PEKERJAAN PEMELIHARAAN RUTIN SE.....	37
TABEL 5.19. SIMULASI KEJADIAN GANGGUAN MESIN IDF.....	38
TABEL.5.20.PERHITUNGAN BIAYA PERBAIKAN MESIN IDF PER HARI.....	38
TABEL 5.21. PERHITUNGAN BIAYA PERBAIKAN MESIN IDF 1A.....	39
TABEL 5.22 BIAYA PERBAIKAN MASING-MASING MESIN IDF.....	39
TABEL 5.23. PERHITUNGAN LCC IDF UNIT 1 (DALAM MILYAR).....	40
TABEL 5.24. PERHITUNGAN LCC IDF UNIT 2 (DALAM MILYAR).....	40
TABEL 5.25. PERHITUNGAN LCC IDF UNIT 3 (DALAM MILYAR).....	40
TABEL.5.26. REKAPITULASI ANALISA LCC MESIN IDF (DALAM MILYAR).....	41

DAFTAR GRAFIK

GRAFIK 5.1. SIMULASI DATA GANGGUAN IDF 1A.....	26
GRAFIK 5.2. SIMULASI DATA GANGGUAN IDF 1B.....	26
GRAFIK 5.3. SIMULASI DATA GANGGUAN IDF 2A.....	27
GRAFIK 5.4. SIMULASI DATA GANGGUAN IDF 2B.....	28
GRAFIK 5.5. SIMULASI DATA GANGGUAN IDF 3A.....	28
GRAFIK 5.6. SIMULASI DATA GANGGUAN IDF 3B.....	29
GRAFIK 5.7. SIMULASI DATA PERBAIKAN IDF 1A.....	30
GRAFIK 5.8. SIMULASI DATA PERBAIKAN IDF 1B.....	30
GRAFIK 5.9. SIMULASI DATA PERBAIKAN IDF 2A.....	32
GRAFIK 5.10. SIMULASI DATA PERBAIKAN IDF 2B.....	32
GRAFIK 5.11. SIMULASI DATA PERBAIKAN IDF 3A.....	33
GRAFIK 5.12. SIMULASI DATA PERBAIKAN IDF 3B.....	33



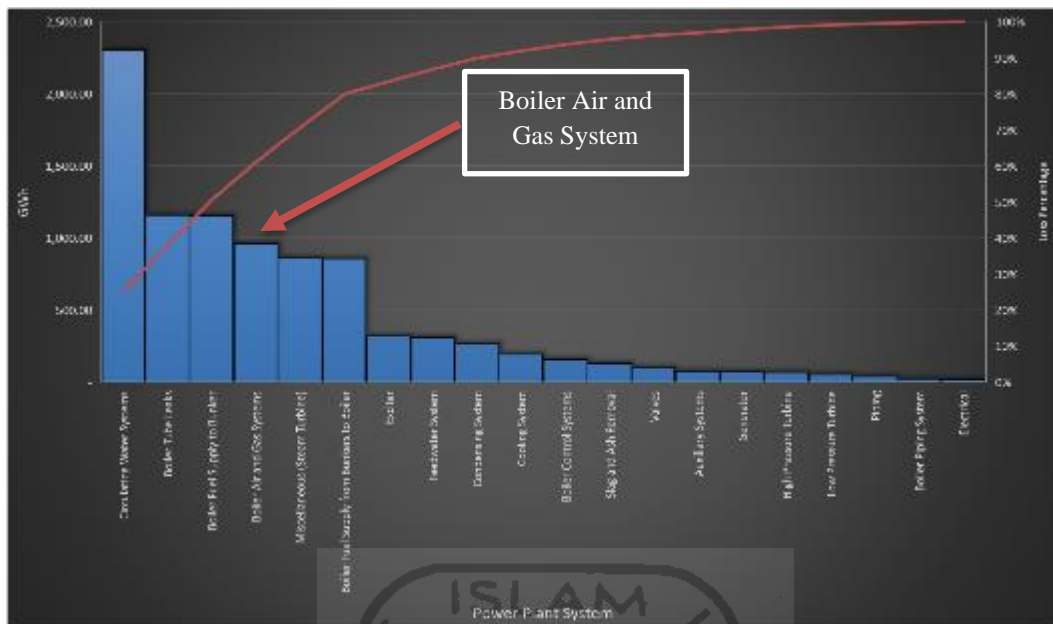
BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia yang semakin meningkat pemerintah mengeluarkan kebijakan Program Percepatan Diversifikasi Energi atau *Fast Track Program* 10.000 MW tahap 1 (FTP-1). Sehingga untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut pada tahun 2008 pemerintah mulai membangun pembangkit listrik dengan bahan bakar batubara dan diharapkan pembangkit tersebut siap beroperasi pada tahun 2009 (Admin, 2008).

PLTU Lontar merupakan salah satu pembangkit listrik FTP-1 yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar utama. Pada PLTU, batubara dibakar untuk memanaskan air yang ada pada pipa boiler hingga berubah menjadi uap dengan tekanan tertentu. Dalam proses pembakaran batubara tersebut tekanan udara dipertahankan pada set-point tertentu (dibawah tekanan atmosfer). Untuk mempertahankan set-point tersebut maka dalam sistem pembakaran dilengkapi dengan peralatan *Force Draft Fan* (FD Fan) dan *Induce Draft Fan* (IDF). Dengan kondisi tersebut maka kehandalan (*Reliability*) dari peralatan FDF dan IDF menjadi sangat vital karena bila terjadi gangguan pada peralatan tersebut maka akan berdampak pada hilangnya kesempatan produksi.

Pada sistem pembangkit PLTU, peralatan IDF masuk dalam *Boiler Air and Gas System*. Data gangguan dari tahun 2012 – 2017 seperti pada Gambar 1.1, *Boiler Air and Gas System* masuk dalam 5 besar penyebab *loss production*, sehingga untuk menurunkan *loss production* di *Boiler Air and Gas System* pada periode berikutnya kehandalan peralatan IDF perlu dioptimalkan.



Gambar 1. 1. Persentasi Kehilangan Produksi per Sistem Pembangkit (dalam GWh)

Untuk menjaga kehandalan peralatan IDF tersebut maka pemeliharaannya harus optimal. Pada penelitian (Wardoyo, 2017) menerapkan optimalisasi interval pemeliharaan periodik berdasarkan analisa terhadap *Reliability*, *Availability* dan *Maintainability* (RAM) di PLTA Saguling, sedang (Nugraha, Silalahi, & Sinisuka, 2016) menerapkan *Reliability*, *Availability*, *Maintainability* dan *Security* (RAMS) untuk pemeliharaan kabel 150-kV Power Transmission Submarine. (Bhakti & Kromodihardjo, 2015) melakukan perancangan sistem pemeliharaan menggunakan metode *Reliability Centered Maintenance* pada Pulverizer sedang (Eliyus, Alhilman, & Sutrisno, 2014) melakukan estimasi biaya pemeliharaan dan penentuan umur mesin serta jumlah personil pemeliharaan dengan metode *Life Cycle Cost* dan (Madiyansah, 2018) melakukan analisa ekonomis pada peralatan pulverizer pada PLTU dengan pendekatan Analisa Biaya Siklus Hidup.

Masih belum banyak penelitian terhadap kehandalan peralatan IDF. Oleh karena itu, peneliti mencoba membuat penelitian terhadap kehandalan (*Reliability*), ketersediaan (*Availability*) dan kemampuan rawat (*Maintainability*) untuk peralatan *Induce Draft Fan* (IDF) dengan pendekatan Analisa Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost Analysis* atau *LCCA*) pada PLTU. Hasil akhir dari analisa ini adalah

memberikan masukan kepada manajemen dalam membuat keputusan yang sesuai dalam optimalisasi biaya pemeliharaan peralatan *Induce Draft Fan* (IDF).

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas dapat disimpulkan permasalahan yang muncul pada penelitian adalah bagaimana cara mengoptimalkan management pemeliharaan pada peralatan *Induce Draft Fan* (IDF) PLTU dengan pendekatan *Life Cycle Cost* (LCC).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah untuk mendapatkan optimalisasi biaya pemeliharaan dengan mempertimbangkan alternatif – alternatif serta memperhatikan resiko, biaya, dan kinerja peralatan.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dibatasi beberapa pokok permasalahan yang dianggap tidak mempengaruhi hasil akhirnya:

1. Penelitian ini mengambil data primer dari aplikasi HDKP (Harian Deklarasi Kesiapan Pembangkit) settlement dari PLN Unit Induk Pusat Pengatur Beban (IUP2B) untuk PLTU Lontar dari tahun 2012 sampai dengan 2017.
2. Penelitian ini fokus pada peralatan *Induce Draft Fan* (IDF) di PLTU Lontar.
3. Untuk analisa menggunakan metode *Life Cycle Costing* (LCC).
4. Keputusan optimal dapat diambil berdasarkan analisis ekonomi yang memperhitungkan total biaya pemeliharaan peralatan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dalam Penelitian ini antara lain :

1. Dapat meningkatkan pengetahuan dan wawasan kondisi teknis di lapangan serta dapat meningkatkan pemahaman antara teori dengan fakta di lapangan.

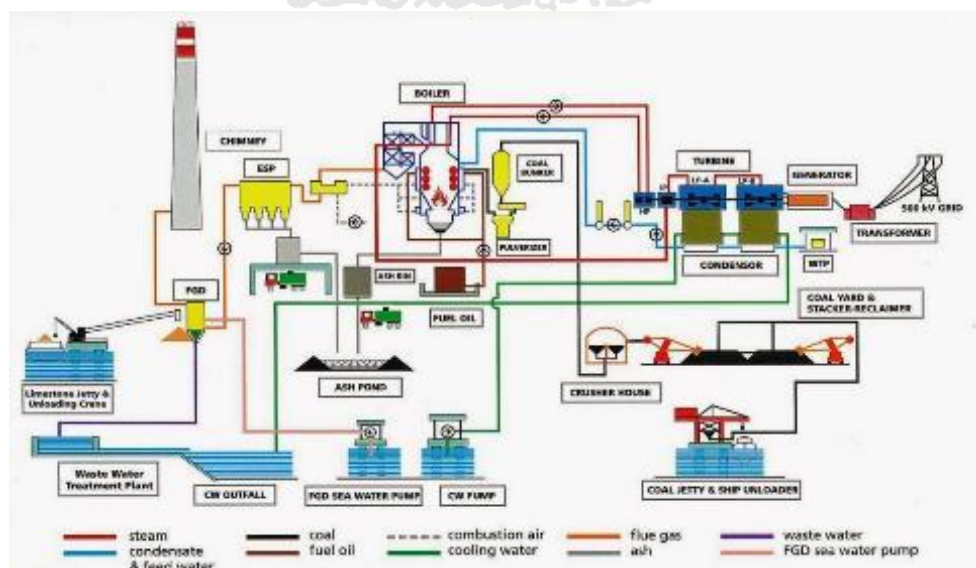
2. Dapat memberikan alternative solusi optimal terhadap manajemen aset serta dapat mengurangi ketidakpastian dari pemilihan alternatif yang akan diambil atau sebagai dasar pengambilan keputusan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Proses Operasi PLTU Batubara

PLTU Batubara merupakan pusat listrik yang menggunakan batubara dalam proses pembangkitan listriknya. Secara umum proses operasi PLTU Batubara adalah batubara dari *Ship Unloader* atau *Coal Yard* diangkut menggunakan *Coal Conveyor* masuk ke dalam *Bunker* kemudian dibakar dalam ruang boiler untuk memanaskan air yang dialirkan dalam pipa – pipa boiler. Air yang dipanaskan hingga temperatus tertentu sehingga berubah fasa menjadi uap air. Uap yang dihasilkan dari pemanasan air tersebut kemudian diarahkan melalui pipa – pipa boiler masuk ke dalam turbin dan memutar memutar sudu – sudu pada turbin. Dikarenakan poros turbin menjadi satu dengan poros rotor generator, maka saat turbin berputar, rotor yang ada pada generator pun ikut berputar. Reaksi putaran rotor dengan stator menghasilkan listrik yang dialirkan ke dalam *transformer* (trafo) yang kemudian dialirkan ke Gardu Induk (GI). Berawal dari Gardu Induk inilah listrik dapat didistribusikan kepada masyarakat. Gambaran proses operasi PLTU dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut:



Gambar 2. 1 Sistem Operasi PLTU

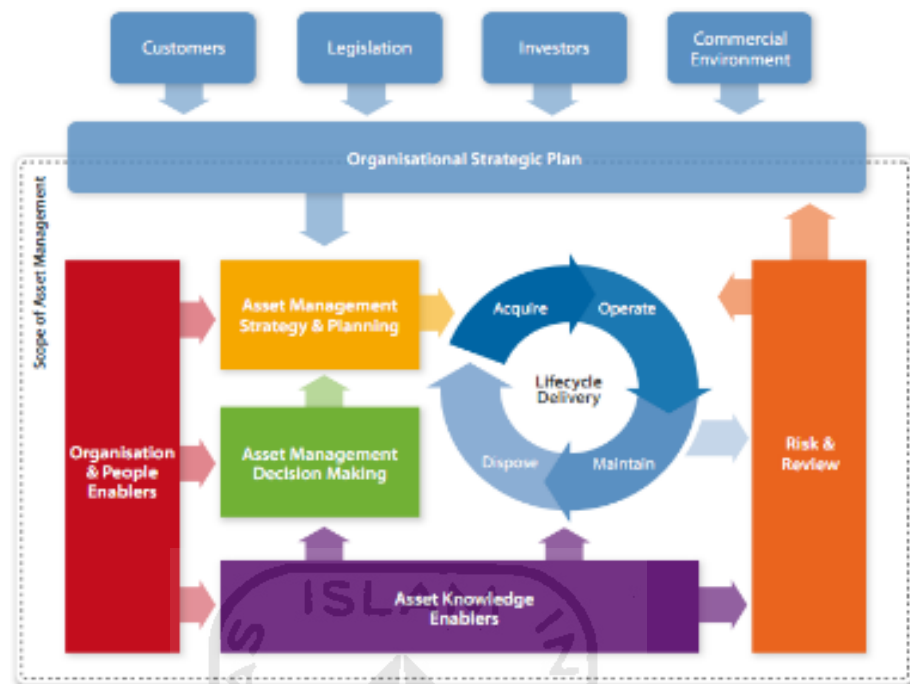
Di dalam proses pembakaran dalam boiler, tekanan udara dijaga dalam kondisi dibawah tekanan atmosfer (tekanan negatif). Untuk menjaga tekanan udara tersebut maka dalam sistem udara dan gas pembangkit dilengkapi dengan peralatan *Force Draft Fan* (FDF) dan *Induce Draft Fan* (IDF) (Khakam & Hendriawan, 2013). FDF berfungsi sebagai pemasok udara untuk pembakaran sedang IDF berfungsi untuk menghisap udara pembakaran yang kemudian dialirkan keluar ke udara bebas melalui *Chimney*. Peralatan – peralatan tersebut sangat vital sehingga bila salah satu mengalami kerusakan maka akan berdampak langsung terhadap kinerja pembangkit. Untuk itu perlu dilakukan langkah – langkah dalam menjaga kehandalan peralatan tersebut salah satunya dengan penerapan Manajemen Aset.

2.2. Manajemen Aset

2.2.1. Pengertian Manajemen Aset

Aset dapat diartikan suatu benda atau entitas yang potensial atau bernilai untuk suatu organisasi baik itu secara *tangible* atau *intangible* maupun secara *financial* atau *non-financial* (ISO 55000, 2014). Manajemen Aset sendiri memiliki pengertian sebagai kegiatan dan praktik yang sistematis dan terkoordinir dari organisasi dalam mengelola aset dan sistem asetnya secara berkesinambungan dengan mengoptimalkan kinerja, risiko dan biaya pada siklus hidup asetnya yang bertujuan untuk mencapai rencana strategis perusahaan (berdasarkan PAS 55:2008).

Ruang lingkup Manajemen Aset (*Asset Mangement*) dapat digambarkan seperti Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2. 2 Asset Management Anatomy (Asset Management - An Anatomy Version 3, 2015)

Dihat dari gambar 2.2 diatas, *Asset Management* (AM) dipengaruhi oleh pelanggan (*customers*), Undang – undang (*legislation*), Investor dan kondisi perekonomian (*Commercial Environment*) meskipun hal tersebut tidak termasuk dalam lingkup dari AM. Di dalam implementasi *Asset Management* perlu didukung oleh *Asset Management Strategy & Planning*, *Decision Making*, dan *Risk & Review*. Selain itu juga perlu didukung dengan Pengetahuan, Organisasi dan SDM yang berkompeten. Fokus *Asset Management* adalah pada *Lifecycle Delivery* yang meliputi proses *Acquire*, *Operate*, *Maintain* dan *Dispose*.

2.2.2. Life Cycle Delivery

Di dalam *Life Cycle Delivery*, aktivitas dimulai saat proses akuisisi/penciptaan aset (*Acquire*), kemudian proses pengoperasian aset (*Operate*), dan dilanjutkan ke proses pemeliharaan aset (*Maintain*), serta diakhiri pada proses pembuangan aset (*Dispose*). Setelah proses pembuangan aset ini, siklus *Life Cycle* akan berulang ke proses

akuisisi/penciptaan aset begitu pula proses selanjutnya. Menurut buku Manajemen Aset Fisik Strategis (I.A Firstantara, 2014) masing – masing proses dalam Life Cycle dapat didefinisikan sebagai berikut:

a. Penciptaan Aset (*Acquire*),

Pada proses ini dalam menciptakan sebuah aset ini terdapat kegiatan – kegiatan yang meliputi perancangan (*design*), modifikasi, pengadaan barang, konstruksi serta pengujian.

b. Pengoperasian Aset (*Operate*),

Setelah aset tercipta, maka aset akan dioperasikan sesuai dengan fungsi dari aset tersebut. Dalam pengoperasian aset terdapat kegiatan – kegiatan yang meliputi perencanaan produksi, perencanaan bahan bakar untuk produksi, penjadwalan waktu pemeliharaan, dan evaluasi realisasi produksi.

Dalam pengoperasian aset, agar aset dapat beroperasi secara handal, efisien, ramah lingkungan dan dapat beroperasi dalam jangka waktu yang lama (sesuai dengan umur desain operasi dari pabrikan) disarankan agar aset dioperasikan sesuai dengan manual operasi yang disarankan oleh pabrikan.

c. Pemeliharaan Aset (*Maintain*),

Dalam proses pengoperasian, agar aset dapat beroperasi sesuai dengan desain, maka perlu adanya pemeliharaan. Pemeliharaan aset ini meliputi inspeksi rutin dan berkala, condition monitoring, serta penggantian dan perbaikan part dalam aset.

d. Pembuangan Aset (*Dispose*),

Setelah aset beroperasi sesuai dengan desain, aset akan memasuki fase dimana aset tersebut sudah tidak diperlukan karena sudah dianggap tidak ekonomis untuk dioperasikan. Sehingga pada fase tersebut manajemen dalam suatu perusahaan akan memutuskan apakah aset tersebut akan dibuang atau digantikan dengan aset yang baru. Dalam hal aset tersebut masih akan digunakan kembali maka manajemen perlu memperhatikan

batasan – batasan yang terdapat dalam peraturan perundangan pemerintah terkait lingkungan hidup yang masih berlaku.

Agar proses – proses diatas dapat berjalan sesuai dengan tujuan perusahaan maka perlu memperhatikan hal – hal berikut:

1. Dalam pengambilan keputusan terkait manajemen aset sebaiknya mempertimbangkan biaya total yang dikeluarkan, manfaat serta resiko dari aset tersebut.
2. Pengendalian aset sebaiknya ditata serta dikomunikasikan terhadap stakeholder
3. Kegiatan – kegiatan dalam manajemen aset sebaiknya berada dalam kerangka kebijakan manajemen yang terintegrasi.

Pada penelitian ini, dengan kondisi Manajemen Aset yang telah berjalan pada periode yang telah ditentukan maka penelitian akan lebih difokuskan pada proses pemeliharaan dalam siklus *Life Cycle*.

2.3. Manajemen Pemeliharaan

2.3.1. Pengertian Pemeliharaan

Pemeliharaan Aset merupakan salah satu proses yang ada dalam *lifecycle delivery* dalam buku *Asset Management (Asset Management - An Anatomy Version 3, 2015)*. Pemeliharaan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menjaga agar suatu aset tetap dapat beroperasi sesuai dengan kondisi sebelumnya atau desain operasi dari aset tersebut.

Secara pengertian Pemeliharaan sendiri adalah suatu kegiatan merawat mesin atau peralatan dengan memperbaharui umur masa pakai dan kegagalan/kerusakan mesin (Setiawan, 2008).

Disarikan dalam buku “*Operations Mangement*” : “*All activities involved in keeping a system’s equipment in working order*” (Render, 2001), pemeliharaan merupakan semua kegiatan yang dilakukan untuk menjaga agar peralatan – peralatan yang ada dalam suatu sistem bekerja sesuai dengan tujuannya. Sedangkan di dalam buku “*Production Management*” (Narang, 2001) juga menyatakan bahwa pemeliharaan merupakan sebuah kegiatan

yang dikerjakan untuk menjaga atau memperbaiki fasilitas yang ada sehingga berfungsi sesuai dengan standardnya.

Dari referensi – referensi tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa pemeliharaan merupakan kegiatan yang dilakukan baik secara kelompok maupun individu untuk menjaga, merawat serta memperbaiki suatu peralatan atau fasilitas agar dapat beroperasi sesuai dengan kondisi awal atau sebelumnya.

2.3.2. Jenis – Jenis Pemeliharaan

Jenis – jenis pemeliharaan yang sering dilakukan oleh suatu perusahaan untuk menjaga asetnya agar aset tetap beroperasi sesuai dengan umur desain aset, antara lain:

a. *Breakdown Maintenance.*

Pemeliharaan ini dilakukan saat mesin atau peralatan mengalami kerusakan dan berhenti beroperasi. Biasanya untuk pemeliharaan ini, perusahaan sudah menyediakan mesin cadangan, sehingga bila mesin utama rusak, mesin cadangan dengan spesifikasi yang sama akan beroperasi sehingga kegiatan produksi tetap berjalan (Muhtahadi, 2009).

b. *Preventive Maintenance.*

Pemeliharaan ini dilakukan oleh operator mesin atau petugas pemeliharaan secara rutin per periode (hari, minggu, bulan atau tahun) sesuai dengan *Operation Manual* yang diterbitkan oleh pabrikan mesin. Dalam buku “Perawatan Mekanikal Mesin Produksi” pemeliharaan preventive adalah inspeksi periodik untuk mendeteksi kondisi yang mungkin menyebabkan produksi berhenti atau berkurangnya fungsi mesin dikombinasikan dengan pemeliharaan untuk menghilangkan, mengendalikan kondisi tersebut dan mengembalikan mesin ke kondisi semula atau dengan kata lain deteksi dan penanganan dari kondisi abnormal mesin sebelum kondisi tersebut menyebabkan cacat atau kerugian (Setiawan, 2008).

Dalam buku “*Operation Management*”, *preventive maintenance* adalah suatu perencanaan yang didalamnya meliputi inspeksi rutin, perbaikan dan menjaga fasilitas dalam kondisi yang baik untuk mencegah terjadinya kegagalan (Render, 2001).

c. *Corrective Maintenance*.

Pemeliharaan yang dimaksud adalah pemeliharaan yang dilakukan secara berulang atau pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki suatu bagian yang telah berhenti untuk mendapatkan suatu kondisi yang diinginkan (Corder, 1992).

Menurut sumber lain pemeliharaan korektif merupakan kegiatan pemeliharaan yang terjadi beberapa kali pada peralatan yang sama dan harus diperbaiki karena keadaan darurat atau peralatan tersebut masuk dalam prioritas utama (Render, 2001).

Optimalisasi pemeliharaan adalah sebuah bagian yang penting dari optimalisasi aset. Pemeliharaan, perpanjangan umur, tindakan korektif dan perbaikan yang dilakukan pada aset fisik memiliki persyaratan teknis dan kondisi yang luas. Pemeliharaan harus dapat memberikan hasil yang berkualitas, dan secara bersamaan tetap efektif dengan pemborosan waktu dan upaya yang minimal.

Personil yang bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan peralatan harus memiliki motivasi, memiliki inisiatif, rasa memiliki dan komitmen terhadap kualitas dan improvement serta harus fleksibel dan mampu berubah, karena seringkali berada dalam kondisi yang membutuhkan tingkat kompetensi, teknik dan kecakapan yang sangat luas.

Pemeliharaan atau *Maintenance* harus dilakukan dengan karakteristik sebagai berikut:

- a. Memiliki basis yang lebar, tetapi tetap fokus.
- b. Memiliki orientasi pada improvement, eliminasi penyebab kerusakan, tidak sekedar memperbaiki.

- c. Diarahkan untuk meminimalkan biaya akibat mesin tidak handal dan downtime.
- d. Memiliki penekanan budaya organisasi inisiatif, kualitas, rasa memiliki dan kehandalan.

Pemeliharaan dalam optimalisasi aset harus bersifat antisipatif. Cacat minor biasanya masih dapat dikendalikan dan mudah untuk diperbaiki, akan tetapi jika tidak diperhatikan, cacat minor dapat menjadi kerusakan besar dengan dampak yang mahal misalnya terhadap *safety*, kualitas, lingkungan.

Dalam proses optimalisasi aset, pemeliharaan harus berperan penuh dalam pengambilan keputusan bisnis dan mengkaji produktivitas. Optimalisasi *risk-cost-performance* dalam pemeliharaan harus dapat dimasukkan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan seperti misalnya melakukan modifikasi atau membangun fasilitas baru, inisiatif pengurangan biaya dan berbagai perubahan dalam proses manufaktur dan toleransinya. Pemeliharaan tidak bisa bersifat pasif, hanya menerima apa saja keputusan yang diambil oleh manajemen.

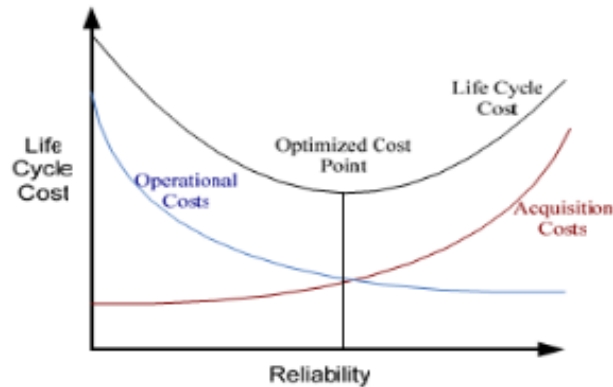
Keterlibatan pemeliharaan di awal proses pengambilan keputusan memastikan bahwa segala permasalahan yang menyangkut optimalisasi lifetime telah dipertimbangkan guna menghindari munculnya masalah pada ketersediaan dan operasi, *bottleneck* dan biaya pemeliharaan yang tinggi.

Keberhasilan Manajemen Pemeliharaan akan menghasilkan persentase kehandalan (*Reliability*), ketersediaan (*Availability*) dan kemampu-rawatan (*Maintainability*) peralatan yang tinggi.

2.4. Kehandalan, Ketersediaan dan Kemampu-rawatan

2.4.1. Kehandalan (*Reliability*)

Menurut (Yuhelson, Syam, Sinullingga, & Isranuri, 2010) kehandalan atau *reliability* dapat diartikan sebagai kemampuan suatu peralatan untuk dapat berfungsi dengan baik dengan kondisi yang spesifik dan pada periode tertentu.



Gambar 2. 3. Hubungan Reliability dengan Life Cycle Cost

Dari Gambar 2.3 diatas terlihat bahwa dengan penerapan program *reliability* suatu organisasi akan mendapatkan titik optimalisasi biaya operasi sehingga *total life cycle cost* dapat diturunkan. Menurut (Sodikin, 2010) untuk mendapatkan nilai *reliability* dapat menggunakan beberapa cara yaitu melalui laju kerusakan (*failure rate*), fungsi keandalan, fungsi kepadatan probabilitas kerusakan. Fungsi keandalan terhadap waktu dapat diformulasikan sebagai berikut (referensi ??):

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt = e^{-(t/\eta)^\beta}$$

Dimana:

R(t) Keandalan peralatan pada periode waktu t

f(t) Fungsi kepadatan peluang, kemungkinan kegagalan untuk periode tertentu

Laju kerusakan (*failure rate*) merupakan banyaknya kerusakan yang terjadi per satuan waktu. Fungsi laju kerusakan (λ) dapat diformulasikan sebagai berikut:

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

Mean Time Between Failure (MTBF) merupakan rata – rata waktu antar kerusakan.

2.4.2. Ketersediaan (*Avaibility*)

Ketersediaan atau *avaibility* adalah kemampuan suatu sistem untuk dapat beroperasi sesuai dengan kondisi yang dipersyaratkan dalam periode yang telah ditentukan (Sodikin, 2010).

2.4.3. Kemampu-rawatan (*Maintainability*)

Kemampu-rawatan atau *maintainability* adalah kemampuan suatu sistem untuk dipelihara dimana pemeliharaan itu sendiri merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk memperbaiki atau mempertahankan kondisi peralatan yang ada dalam suatu sistem dalam keadaan siap operasi (Sodikin, 2010).

2.5. Analisa Biaya Daur Hidup (*Life Cycle Cost Analysis*)

2.5.1. Definisi Biaya Daur Hidup (*Life Cycle Cost*)

Menurut buku *Industrial Engingeering Handbook 5th Edition* mendefinisikan “*Life cycle cost is commonly understood to be the customers (buyers or users) total cost plus other expenses incurred during the lifetime of the product*” (Borghagen, 2004). Sehingga *Life Cycle Cost* (LCC) didefinisikan sebagai total keseluruhan biaya yang dikeluarkan dari investasi awal hingga akhir produk tersebut digunakan oleh pembeli.

Menurut buku *Systems Life Cycle Costing* mendefinisikan “*Life cycle cost is the Total Ownership Cost of a product over its useful life*” (Farr, 2011) sehingga LCC merupakan keseluruhan biaya yang dikeluarkan untuk suatu aset sampai aset tersebut tidak digunakan kembali (*disposal*).

Pada artikel *Life Cycle Cost (LCC) analysis in oil and chemical process industries* mendefinisikan LCC “*Cumulative cost of a product over its life cycle*” (Kawauchi & Rausand, 1999)

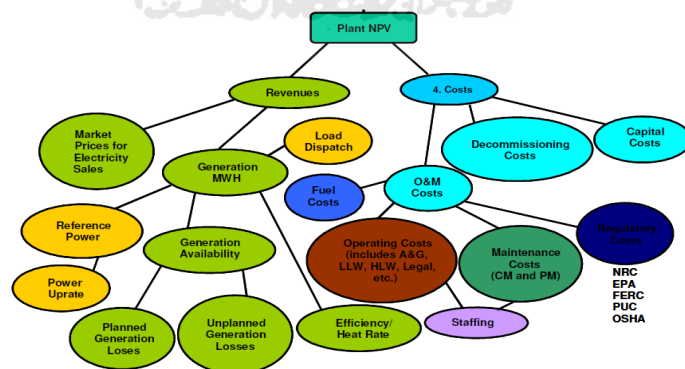
Dari definisi – definisi tersebut diatas secara umum *Life-Cycle Cost* (LCC) adalah total biaya yang timbul selama suatu aset beroperasi dari penelitian, perencanaan, desain, pengujian, proses produksi, sertifikasi, operasi, pemeliharaan, serta pembuangan (*disposal*).

2.5.2. Tujuan *Life Cycle Cost*

Pada artikel *Life Cycle Cost Tutorial* menyebutkan “*The Objective of LCC Analysis is to choose the most cost effective approach from a series of alternative so the least long term cost of ownership is achieved*” (Barringer & Webber, 1996).

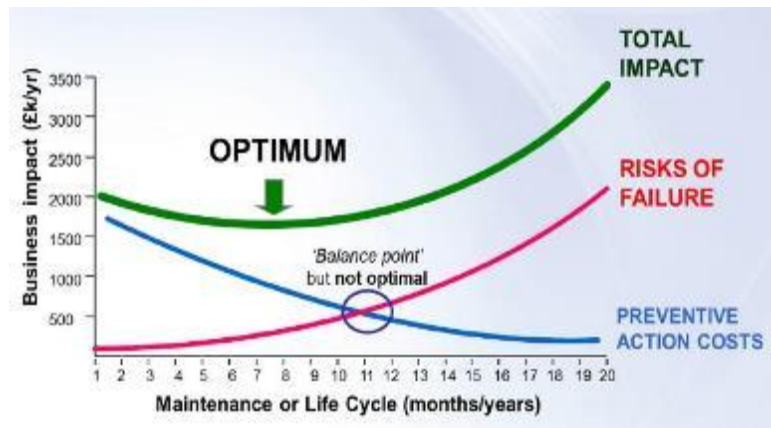
Dimana *Life Cycle Cost* merupakan salah satu alat (*tools*) bagi para *engineer* yang dapat memberikan opsi atau masukan bagi manajemen dalam suatu perusahaan untuk membuat suatu keputusan strategis guna menjaga keberlangsungan asset suatu perusahaan. *Life Cycle Cost* dapat membantu para *engineer* untuk mendapatkan gambaran dalam perspektif ekonomi tentang perbandingan biaya yang kompetitif untuk pengelolaan asset, sehingga didapatkan opsi biaya pengelolaan asset yang rendah dengan hasil pengelolaan asset yang optimal dalam jangka waktu yang panjang. Opsi tersebut kemudian diusulkan kepada manajemen, sehingga manajemen dapat membuat keputusan strategis yang dapat direalisasikan perusahaan dengan sedikit atau bahkan tanpa konflik (internal dan eksternal) dalam perusahaan.

Salah satu pemodel biaya yang dapat dipergunakan dalam menentukan *cost benefit* dari beberapa alternatif strategis dengan tujuan akhir meningkatkan NPV dapat ditunjukkan dalam gambar berikut.



Gambar 2. 4. Cost model to increase plant's NPV

Kondisi waktu yang paling optimal untuk melakukan replacement suatu peralatan dapat digambarkan seperti grafik berikut.



Gambar 2. 5. Optimum time in maintenance or life cycle

2.5.3. Perhitungan *Life Cycle Cost*

Rumusan umum perhitungan *Life Cycle Cost* atas suatu peralatan/system adalah sebagaimana persamaan 1,

$$LCC = CI + CO + CM + CF + CD \dots\dots\dots(1)$$

Dimana masing-masing komponennya adalah sebagai berikut:

- CI: biaya investasi (*Investment Cost*);
- CO: biaya operasi (*Operational Cost*);
- CM: biaya pemeliharaan (*Maintenance Cost*);
- CF: biaya atas kerusakan (*Failure Cost*);
- CD: biaya atas tahap disposal (*Disposal Cost*)

a. Biaya Investasi (*Investment Cost*)

Biaya investasi awal /CI adalah seluruh biaya yang dikeluarkan sebelum pulverizer digunakan. Di dalamnya meliputi biaya pembelian pulverizer dan biaya pemasangan. Biaya pembelian secara umum harga pulverizer, biaya pengangkutan/transportasi, asuransi, komisioning, pemasangan dan training.

b. Biaya Operasi (*Operational Cost*)

Komponen utama atas biaya operasi trafo/ CO ditentukan oleh energi yang dikonsumsi oleh pulverizer selama beroperasi.

c. Biaya Pemeliharaan (*Maintenance Cost*)

Biaya overhaul maupun biaya *preventive maintenance* merupakan komponen utama biaya pemeliharaan pulverizer. Deskripsi atas kegiatan pemeliharaan pulverizer.

d. Biaya kerusakan (*Failure Cost*)

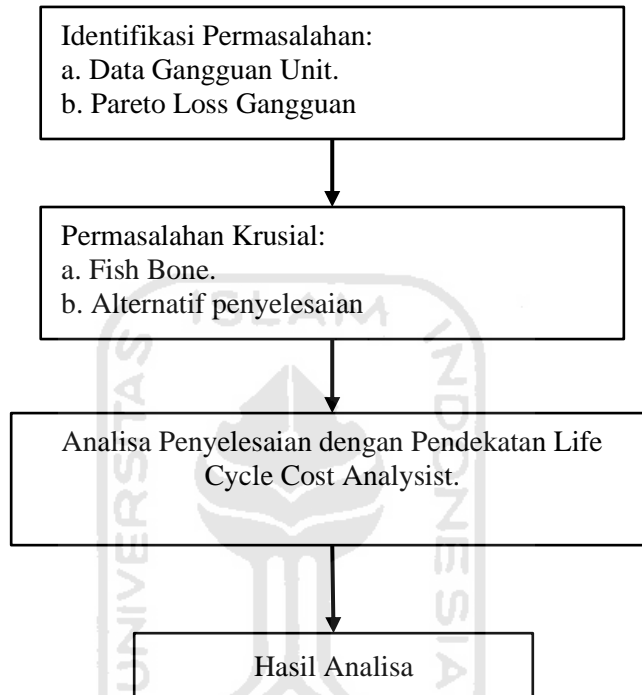
Perhitungan biaya kerusakan didasarkan atas frekuensi kerusakan/ *Mean Time to Failure* (MTTF) dan estimasi biaya yang dikeluarkan setiap terjadi kerusakan.



BAB III
KERANGKA KONSEP PENELITIAN

3.1. Bagan Kerangka Konsep Pelaksanaan Penelitian

Untuk pelaksanaan penelitian bisa digambarkan sebagai berikut:

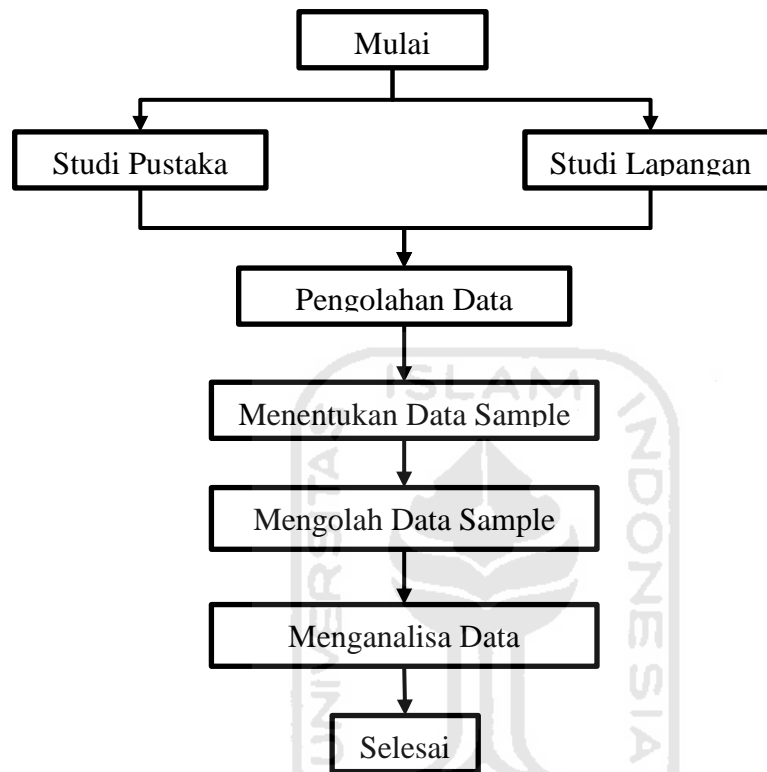


Gambar 3. 1. Kerangka Alur Konsep Penelitian

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Bagan Alur Metodologi Penelitian

Berikut ini bagan alur metodologi penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 4. 1. Diagram Alur metodologi Penelitian

4.2. Lokasi Penelitian

Lokasi dalam pelaksanaan penelitian di PT PLN (Perseo) Kantor Pusat sebagai pemilik aset (*Owner*) yang berlokasi di Jl. Trunojoyo Blok MI/135 Kebayoran Baru, Jakarta Selatan, PT Indonesia Power Kantor Pusat sebagai manajer aset (*Asset Manager*) yang berlokasi di Jl. Jend. Gatot Subroto Kav. 18, Jakarta Selatan serta PT Indonesia Power Unit Jasa Penunjang (UJP) Banten 3 Lontar sebagai pelaksana kegiatan operasi dan pemeliharaan (*Asset Operation*) di PLTU Lontar yang berlokasi di Desa Lontar, Kecamatan Kemiri, Kabupaten Tangerang, Banten.

4.3. Cara Menentukan Data

Pengambilan data dilakukan secara langsung dengan survey ke lokasi PLTU Lontar untuk mendapatkan gambaran real kondisi PLTU, kemudian melakukan diskusi dengan petugas pelaksana Operasi dan Pemeliharaan PLTU, serta pengambilan data laporan gangguan, laporan perusahaan, kontrak – kontrak pengadaan yang telah dilaksanakan dan tinjauan pustaka dari media massa maupun media elektronik yang dilakukan di PT PLN (Persero) Kantor Pusat Divisi Operasi Regional Jawa Bagian Barat.

4.4. Cara Menentukan Data Sampel dan Jumlah Data Sampel

Dalam penelitian ini, data sampel diambil dari data historis gangguan yang telah terjadi di PLTU Lontar dari tahun 2012 hingga tahun 2017. Data historis adalah data laporan gangguan dan data laporan perusahaan. Kemudian dari data historis tersebut diolah menjadi pareto loss pembangkit. Dari data pareto loss tersebut digunakan sebagai data sampel. Untuk data biaya – biaya yang timbul dalam perhitungan *life cycle* didapatkan dari kontrak – kontrak pengadaan yang telah dilaksanakan selama proses Operasi dan Pemeliharaan di PLTU Lontar. Rincian biaya tersebut adalah sebagai berikut:

a. Biaya Investasi Awal / *Investment Cost* (CI)

Biaya investasi awal ini merupakan biaya awal yang dikeluarkan untuk pengadaan peralatan, yang didalamnya sudah termasuk biaya tahap *engineering, procurement, construction* dan instalasi dari peralatan serta biaya asuransi.

b. Biaya Operasi / *Operating Cost* (CO)

Biaya operasi ini merupakan biaya yang dikeluarkan untuk operasional peralatan tersebut disesuaikan dengan laporan produksi.

c. Biaya Pemeliharaan / *Maintenance Cost* (CM)

Biaya pemeliharaan ini merupakan biaya rutin yang dikeluarkan saat pemeliharaan periodik. Besarnya biaya disesuaikan dengan jenis pemeliharaan yang berlangsung dalam periode yang telah ditentukan.

d. Biaya Kerusakan / *Failure Cost* (CF)

Biaya ini merupakan biaya yang dikeluarkan saat peralatan mengalami gangguan. Perhitungan biaya kerusakan berdasarkan atas frekuensi kerusakan (*Failure Rate*) dan estimasi biaya yang dikeluarkan saat terjadi kerusakan.

e. Biaya Penghapusan / *Disposal Cost* (CD)

Biaya ini merupakan biaya yang dikeluarkan untuk melakukan penghapusan peralatan tersebut dari daftar aset unit. Perhitungan biaya penghapusan disesuaikan dengan kaidah perusahaan serta peraturan perundangan yang sedang berlaku di Indonesia.

4.5. Cara mengelola Data

Pengelolaan data dilakukan dengan melakukan perhitungan periode waktu peralatan kritis yang telah ditentukan mengalami kegagalan.

1. Mengembangkan alternatif – alternatif diantaranya biaya – biaya yang dikeluarkan dalam kegiatan pemeliharaan selama rentang waktu yang ditentukan untuk peralatan IDF.
2. Membuat struktur pohon rincian biaya untuk setiap alternatif
3. Menentukan perfoma peralatan dengan menggunakan dasar data- data yang di peroleh.
4. Mengumpulkan semua data biaya-biaya/ perkiraan biaya yang diperoleh diantaranya mulai dari akusisi, operasi, pemeliharaan dan penghapusan.
5. Membuat profil biaya tahunan/ non tahunan dari alternatif-alternatif.
6. Membuat perhitungan NPV terhadap masing – masing alternative.



BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Data Waktu Gangguan

Data waktu gangguan merupakan data ketika suatu mesin tidak dapat menjalankan fungsinya sebagaimana mestinya dikarenakan mesin mengalami kerusakan. Data gangguan menunjukkan kapan mesin mengalami gangguan dan berapa lama waktu yang dibutuhkan suatu mesin untuk perbaikan. Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data waktu gangguan yang terjadi pada peralatan *Induce Draft Fan* (IDF) unit 1, 2 dan 3 PLTU Lontar dari pertama kali mesin tersebut dioperasikan hingga tanggal 31 Desember 2017.

5.2. Waktu Kerusakan dan Perbaikan

Waktu kerusakan atau *Time to Failure* (TTF) merupakan periode waktu antar kerusakan peralatan IDF sedangkan waktu perbaikan atau *Time to Repair* (TTR) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki peralatan IDF yang mengalami gangguan atau kerusakan. Hasil perhitungan waktu antar kerusakan dan waktu perbaikan peralatan IDF dapat dilihat pada tabel berikut:

Unit	Lokasi	Mulai		Akhir		TTF	TTR
		Tanggal	Jam	Tanggal	Jam	Jam	Jam
1		28-Dec-11	0:00:00				
1	A	1-Apr-15	0:00:00	9-Apr-15	14:40:00	28,560.00	206.67
1	A	11-Jun-16	20:18:00	12-Jun-16	15:56:00	10,301.63	19.63
1	A	1-Sep-16	18:54:00	1-Sep-16	21:23:00	1,946.97	2.48
1	A	7-Sep-16	16:35:00	7-Sep-16	21:13:00	139.20	4.63
1	A	8-Dec-17	5:24:00	8-Dec-17	11:28:00	10,952.18	6.07

Tabel 5. 1 Perhitungan TTF & TTR untuk IDF 1A

Unit	Lokasi	Mulai		Akhir		TTF	TTR
		Tanggal	Jam	Tanggal	Jam	Jam	Jam
		28-Dec-11	1:00:00				
1	B	12-Nov-15	11:00:00	12-Nov-15	11:09:00	33,970.00	0.15
1	B	2-May-16	12:01:00	2-May-16	18:10:00	4,128.87	6.15
1	B	9-May-16	9:53:00	9-May-16	10:41:00	159.72	0.80
1	B	11-Jun-16	20:18:00	12-Jun-16	15:56:00	801.62	19.63
1	B	18-Jul-16	14:33:00	18-Jul-16	15:27:00	862.62	0.90
1	B	6-Oct-16	10:44:00	6-Oct-16	11:36:00	1,915.28	0.87
1	B	13-Oct-16	23:00:00	14-Oct-16	10:08:00	179.40	11.13
1	B	4-Mar-17	13:30:00	4-Mar-17	20:30:00	3,387.37	7.00
1	B	25-Jun-17	3:26:00	25-Jun-17	5:00:00	2,694.93	1.57

Tabel 5. 2 Perhitungan TTF & TTR untuk IDF 1B

Masing – masing unit PLTU dilengkapi dengan 2 peralatan IDF yang beroperasi dengan pola operasi 2 x 50%. Unit 1 mulai beroperasi pada tanggal 28 Desember 2011.

Unit	Lokasi	Mulai		Akhir		TTF	TTR
		Tanggal	Jam	Tanggal	Jam	Jam	Jam
2		29-Feb-12	0:00:00				
2	A	23-Jun-13	16:38:00	24-Jul-13	2:29:41	11,536.63	729.86
2	A	20-Oct-14	12:30:00	20-Oct-14	20:30:00	10,882.01	8.00
2	A	24-Oct-14	5:30:00	24-Oct-14	6:26:00	81.00	0.93
2	A	27-Feb-16	9:09:00	27-Feb-16	19:00:00	11,786.72	9.85
2	A	11-Jun-16	19:18:00	12-Jun-16	4:36:00	2,520.30	9.30
2	A	6-Nov-16	15:33:00	6-Nov-16	16:56:00	3,538.95	1.38
2	A	8-Dec-16	16:45:00	8-Dec-16	17:50:00	767.82	1.08

Tabel 5. 3 Perhitungan TTF & TTR untuk IDF 2A

Unit	Lokasi	Mulai		Akhir		TTF	TTR
		Tanggal	Jam	Tanggal	Jam	Jam	Jam
		29-Feb-12	0:00:00				
2	B	27-Jun-13	0:50:00	24-Jul-13	2:29:41	11,616.83	649.66
2	B	20-Oct-14	12:30:00	20-Oct-14	20:30:00	10,882.01	8.00
2	B	24-Oct-14	5:30:00	24-Oct-14	6:26:00	81.00	0.93
2	B	11-Jun-16	19:18:00	12-Jun-16	4:36:00	14,316.87	9.30
2	B	26-Aug-16	13:16:00	26-Aug-16	19:55:00	1,808.67	6.65
2	B	10-May-17	13:18:00	10-May-17	17:30:00	6,161.38	4.20
2	B	15-Nov-17	16:02:00	5-Dec-17	23:00:00	4,534.53	486.97

Tabel 5. 4 Perhitungan TTF & TTR untuk IDF 2B

Untuk peralatan IDF unit 2 mulai beroperasi pada tanggal 29 Februari 2012.

Unit	Lokasi	Mulai		Akhir		TTF	TTR
		Tanggal	Jam	Tanggal	Jam	Jam	Jam
3		10-Apr-12	0:00:00				
3	A	1-Jul-12	0:00:00	1-Jul-12	8:43:00	1,968.00	8.72
3	A	11-May-13	8:00:00	11-May-13	17:38:00	7,535.28	9.63
3	A	23-Jun-13	8:22:00	24-Jun-13	19:00:00	1,022.73	34.63
3	A	25-Jun-13	6:30:00	28-Jun-13	0:00:00	11.50	65.50
3	A	1-Jul-13	12:10:00	2-Aug-13	6:43:00	84.17	762.55
3	A	20-Oct-14	16:23:00	29-Oct-14	14:36:00	10,665.67	214.22
3	A	29-Oct-14	15:36:00	23-Nov-14	10:02:00	1.00	594.43
3	A	23-Nov-14	10:40:00	7-Dec-14	7:35:00	0.63	332.92
3	A	16-Jun-16	1:58:00	16-Jun-16	15:10:00	13,362.38	13.20
3	A	29-Jun-16	21:24:00	30-Jun-16	1:30:00	318.23	4.10

Tabel 5. 5 Perhitungan TTF & TTR untuk IDF 3A

Unit	Lokasi	Mulai		Akhir		TTF	TTR
		Tanggal	Jam	Tanggal	Jam	Jam	Jam
		10-Apr-12	0:00:00				
3	B	1-Jul-12	0:00:00	1-Jul-12	8:43:00	1,968.00	8.72
3	B	25-Jun-13	6:30:00	28-Jun-13	0:00:00	8,613.78	65.50
3	B	1-Jul-13	12:10:00	26-Jul-13	4:21:00	84.17	592.18
3	B	17-Apr-14	14:00:00	17-Apr-14	14:45:00	6,369.65	0.75
3	B	29-Jun-16	21:24:00	30-Jun-16	1:30:00	19,302.65	4.10
3	B	24-Mar-17	8:12:00	24-Mar-17	17:15:00	6,414.70	9.05

Tabel 5. 6 Perhitungan TTF & TTR untuk IDF 3B

Untuk peralatan IDF unit 3 mulai beroperasi pada tanggal 10 April 2012.

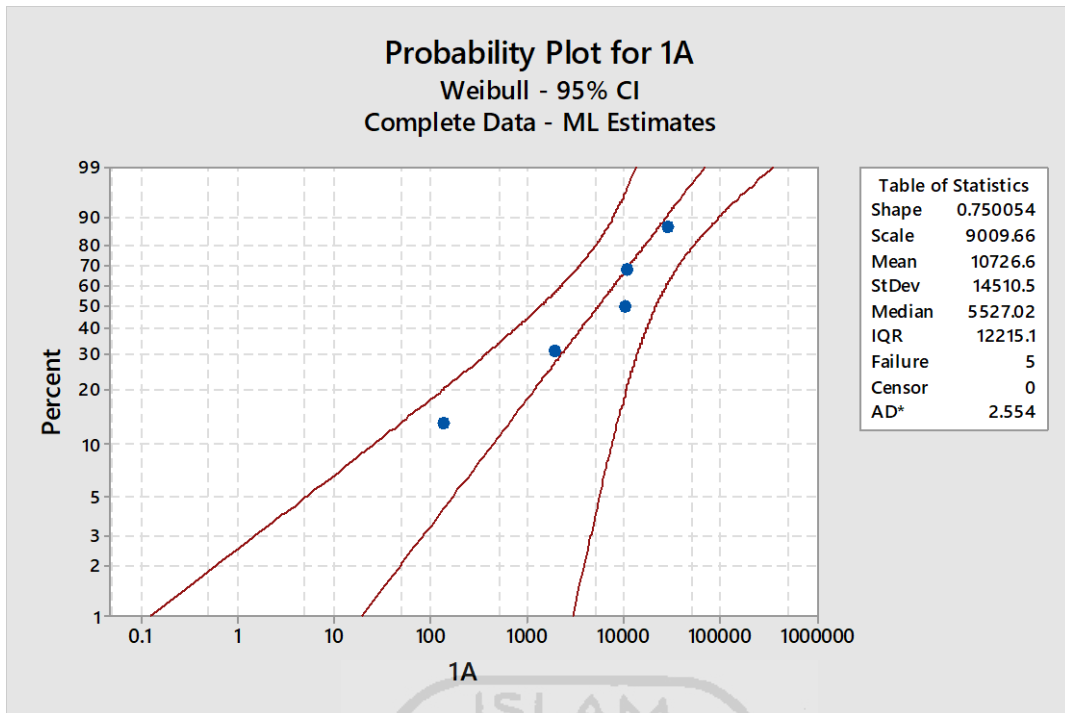
5.3. Perhitungan Nilai *Mean Time to Failure* (MTTF)

Dari data – data gangguan yang terjadi pada tiap – tiap peralatan IDF dari mulai beroperasi hingga tahun 2017 dapat direkap sebagai berikut

No.	Unit 1		Unit 2		Unit 3	
	A	B	A	B	A	B
	Jam	Jam	Jam	Jam	Jam	Jam
1	28,560.00	33,970.00	11,536.63	11,616.83	1,968.00	1,968.00
2	10,301.63	4,128.87	10,882.01	10,882.01	7,535.28	8,613.78
3	1,946.97	159.72	81.00	81.00	1,022.73	84.17
4	139.20	801.62	11,786.72	14,316.87	11.50	6,369.65
5	10,952.18	862.62	2,520.30	1,808.67	84.17	19,302.65
6		1,915.28	3,538.95	6,161.38	10,665.67	6,414.70
7		179.40	767.82	4,534.53	1.00	
8		3,387.37			0.63	
9		2,694.93			13,362.38	
10					318.23	

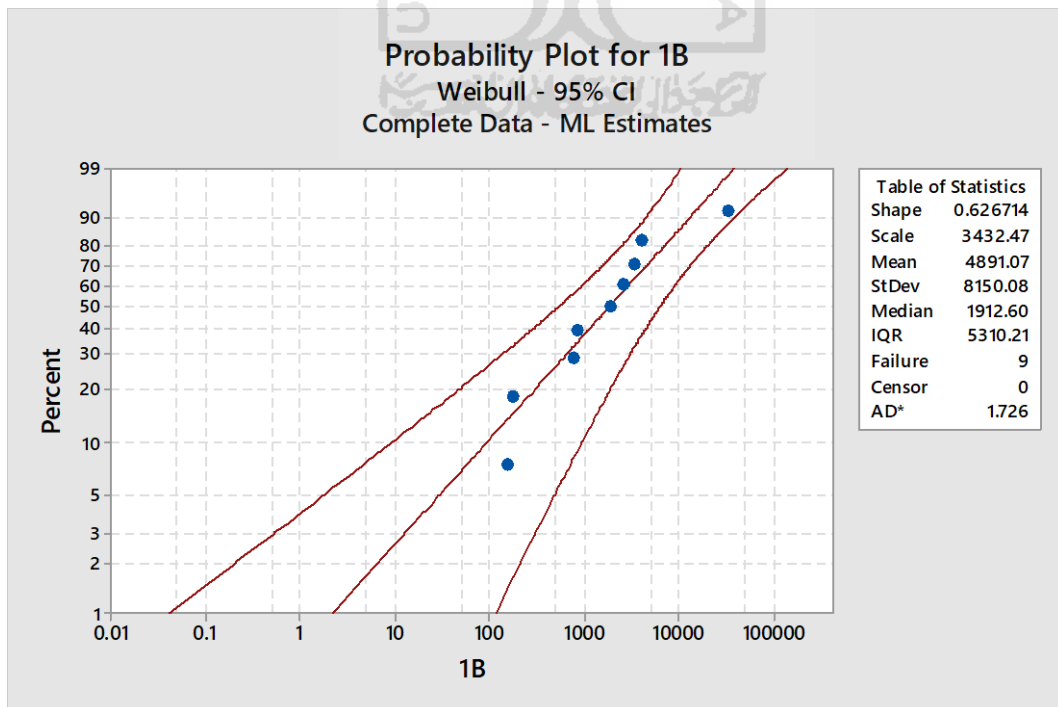
Tabel 5. 7 Data Durasi Gangguan IDF (jam)

Dari data – data di atas kemudian diolah untuk mendapatkan nilai MTTF pada tiap – tiap unit peralatan IDF menggunakan software Minitab 17. Dalam penelitian ini analisa distribusi yang digunakan adalah Weibull Analysis. Dari hasil analisa software tersebut didapatkan data untuk masing – masing peralatan IDF sebagai berikut:



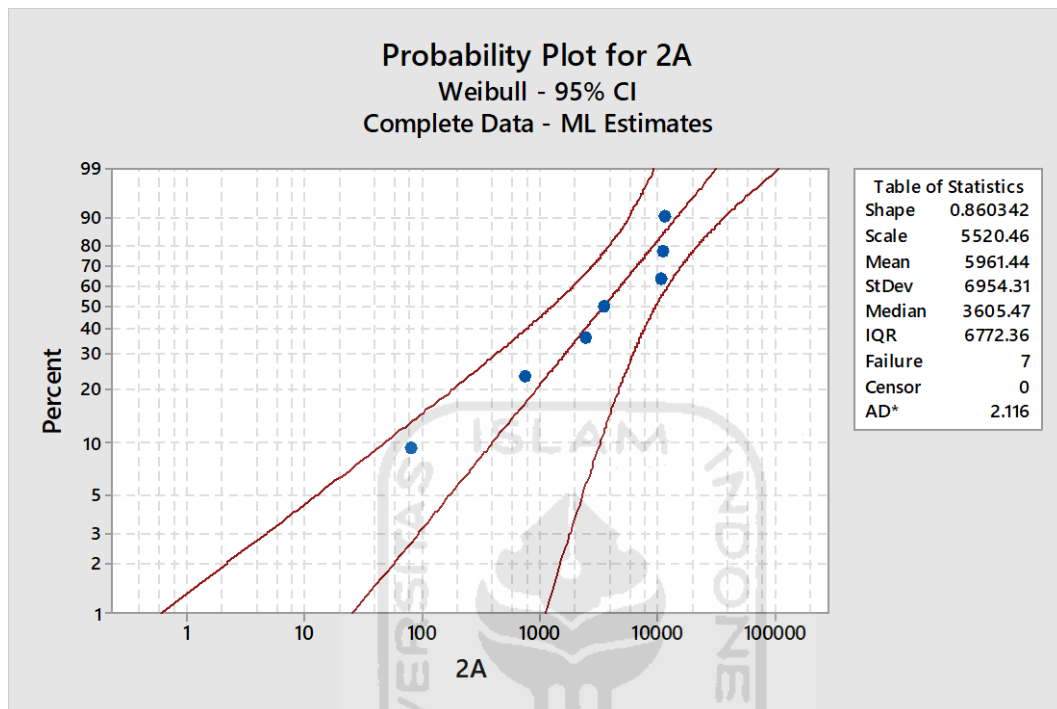
Grafik 5.1 Simulasi Data Gangguan IDF 1A

Dari hasil simulasi menggunakan software Minitab 17 untuk data TTF IDF 1A didapatkan hasil simulasi seperti pada Grafik 5.1 diatas. Pada grafik tersebut didapatkan nilai shape parameter (β) sebesar 0,750054, nilai scale parameter (η) sebesar 9.009,66 dan nilai mean (μ) sebesar 10.726,6.



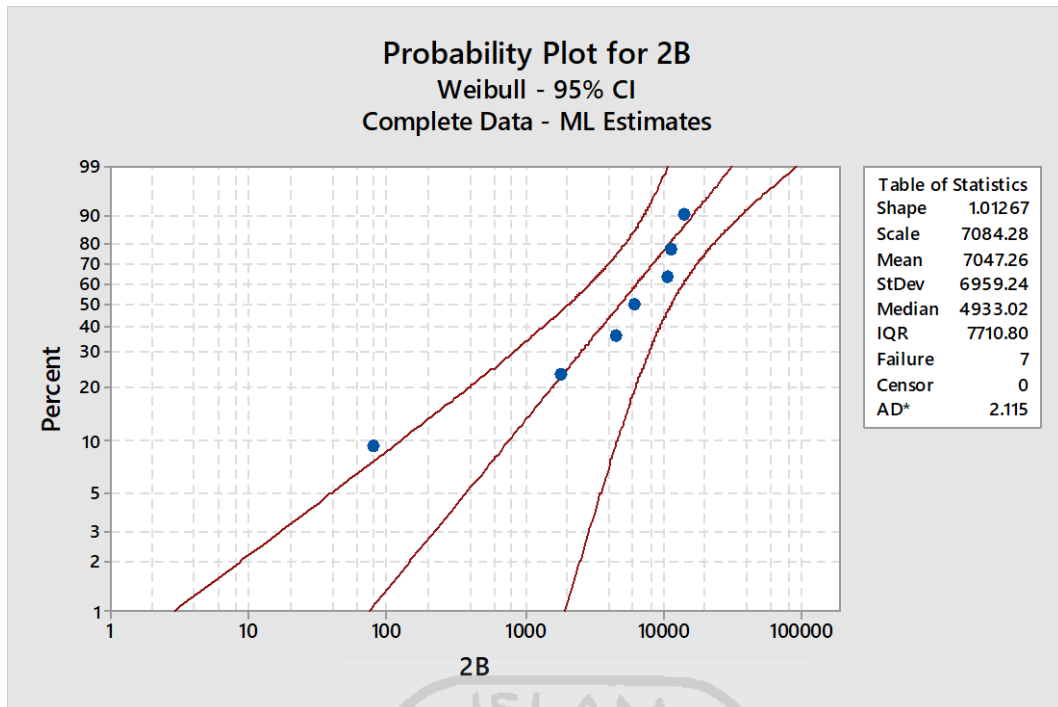
Grafik 5.2 Simulasi Data Gangguan IDF 1B

Dari hasil simulasi menggunakan software Minitab 17 untuk data TTF IDF 1B didapatkan hasil simulasi seperti pada Grafik 5.2 diatas. Pada grafik tersebut didapatkan nilai shape parameter (β) sebesar 0,626714, nilai scale parameter (η) sebesar 3.432,47 dan nilai mean (μ) sebesar 4.891,07.



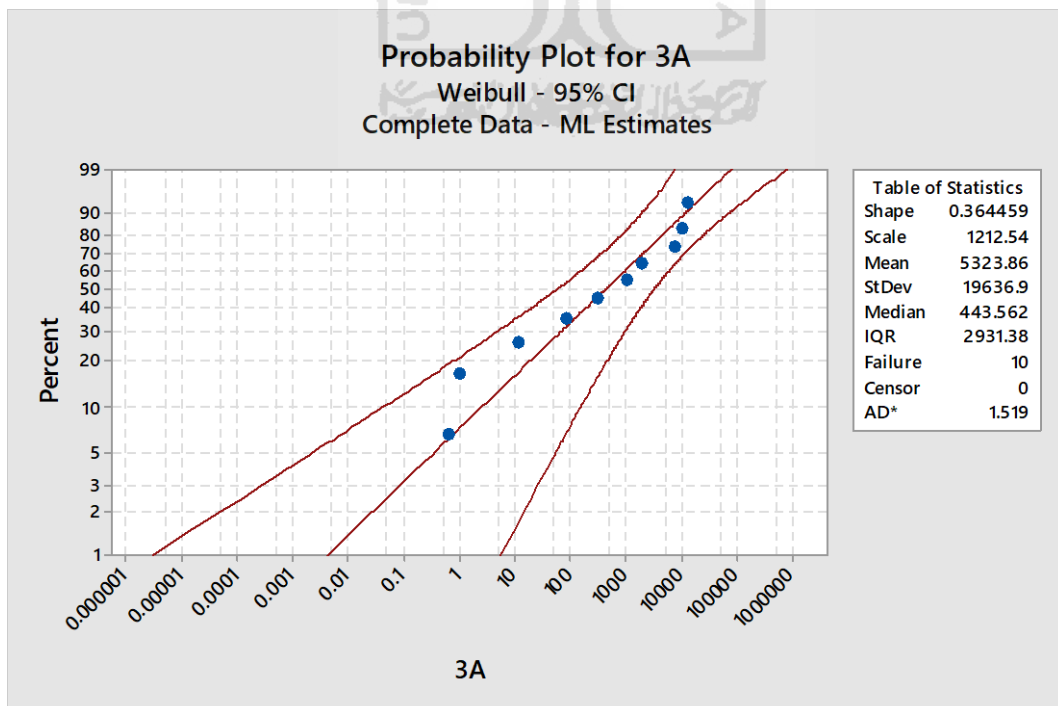
Grafik 5.3 Simulasi Data Gangguan IDF 2A

Dari hasil simulasi menggunakan software Minitab 17 untuk data TTF IDF 2A didapatkan hasil simulasi seperti pada Grafik 5.3 diatas. Pada grafik tersebut didapatkan nilai shape parameter (β) sebesar 0,860342, nilai scale parameter (η) sebesar 5.520,46 dan nilai mean (μ) sebesar 5.961,44.



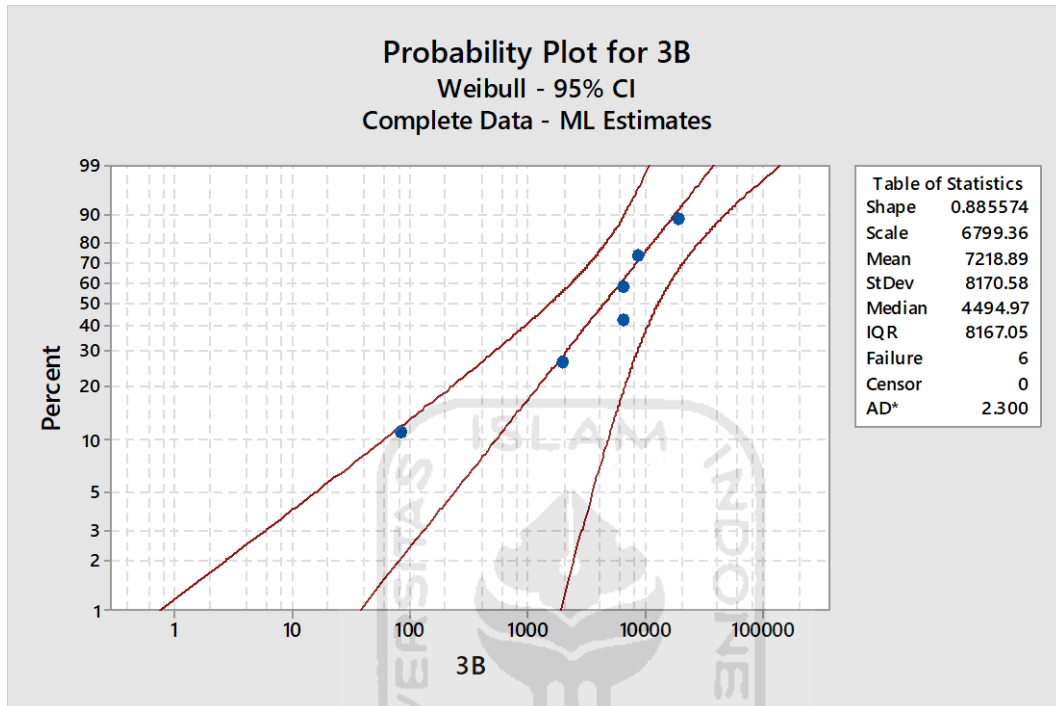
Grafik 5.4 Simulasi Data Gangguan IDF 2B

Dari hasil simulasi menggunakan software Minitab 17 untuk data TTF IDF 2B didapatkan hasil simulasi seperti pada Grafik 5.4 diatas. Pada grafik tersebut didapatkan nilai shape parameter (β) sebesar 1,01267, nilai scale parameter (η) sebesar 7.084,28 dan nilai mean (μ) sebesar 7.047,26.



Grafik 5.5 Simulasi Data Gangguan IDF 3A

Dari hasil simulasi menggunakan software Minitab 17 untuk data TTF IDF 3A didapatkan hasil simulasi seperti pada Grafik 5.5 diatas. Pada grafik tersebut didapatkan nilai shape parameter (β) sebesar 0,364459, nilai scale parameter (η) sebesar 1.212,54 dan nilai mean (μ) sebesar 5.323,86.



Grafik 5.6 Simulasi Data Gangguan IDF 3B

Dari hasil simulasi menggunakan software Minitab 17 untuk data TTF IDF 3B didapatkan hasil simulasi seperti pada Grafik 5.6 diatas. Pada grafik tersebut didapatkan nilai shape parameter (β) sebesar 0,885574, nilai scale parameter (η) sebesar 6.799,36 dan nilai mean (μ) sebesar 7.218,89.

Dari hasil simulasi data gangguan mesin IDF menggunakan software didapatkan nilai shape parameter (β), scale parameter (η) dan mean (μ) yang kemudian direkapitulasi seperti dalam tabel 5.8 berikut:

Mesin IDF	MTTF			
	μ (Jam)	μ (hari)	η	β
1A	10.726,60	447,00	9.009,66	0,75
1B	4.891,07	204,00	3.432,47	0,63
2A	5.961,44	248,00	5.520,46	0,86
2B	7.047,26	294,00	7.084,28	1,01
3A	5.059,77	211,00	1.843,91	0,43
3B	7.218,89	301,00	6.799,36	0,89

Tabel 5. 8 Data Hasil Simulasi MTTF

Dari tabel 5.8 didapatkan nilai MTTF (μ) untuk masing – masing mesin IDF. Untuk mesin IDF 1A rentang waktu terjadinya gangguan adalah 10.726,6 jam atau 447 hari, untuk mesin IDF 1B adalah 4.891,07 jam (204 hari), untuk mesin IDF 2A adalah 5.961,44 jam (248 hari), untuk mesin IDF 2B adalah 7.047,26 jam (294 hari), untuk mesin IDF 3A adalah 5.59,77 jam (211 hari) dan untuk mesin IDF 3B adalah 7.218,89 jam (301 hari).

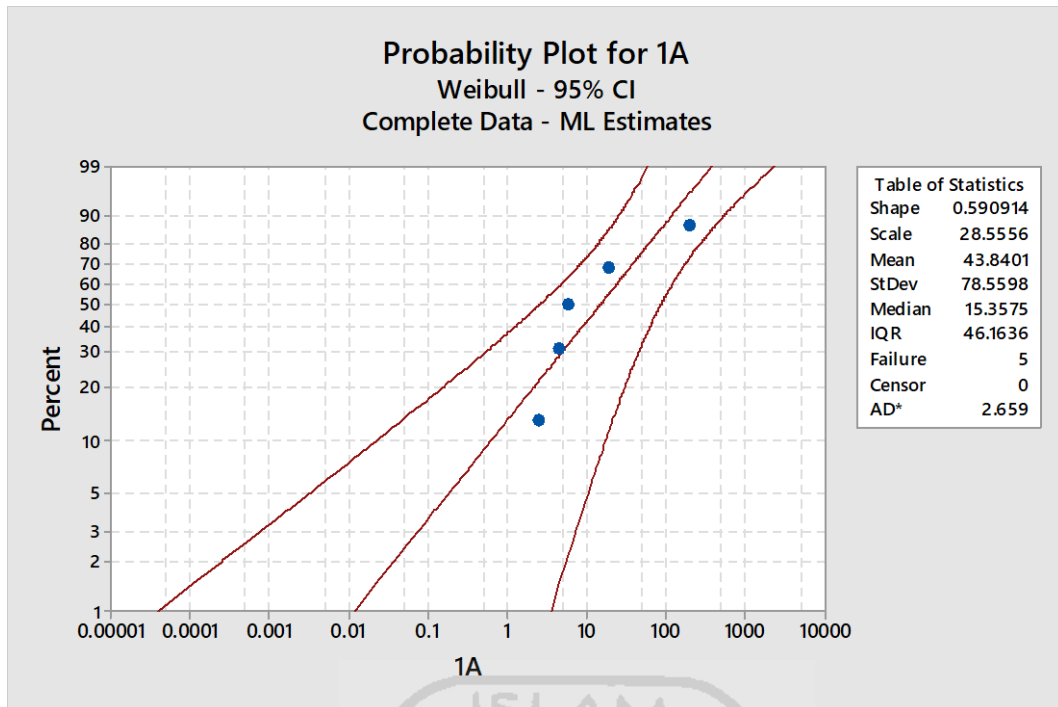
5.4. Perhitungan Nilai *Mean Time to Repair* (MTTR) pada Mesin IDF

Data – data waktu yang digunakan untuk perbaikan peralatan IDF selama periode yang telah ditentukan direkapitulasi dalam tabel berikut:

No.	Unit 1		Unit 2		Unit 3	
	A	B	A	B	A	B
	Jam	Jam	Jam	Jam	Jam	Jam
1	206.67	0.15	729.86	649.66	8.72	8.72
2	19.63	6.15	8.00	8.00	9.63	65.50
3	2.48	0.80	0.93	0.93	34.63	592.18
4	4.63	19.63	9.85	9.30	65.50	0.75
5	6.07	0.90	9.30	6.65	762.55	4.10
6		0.87	1.38	4.20	214.22	9.05
7		11.13	1.08	486.97	594.43	
8		7.00			332.92	
9		1.57			13.20	
10					4.10	

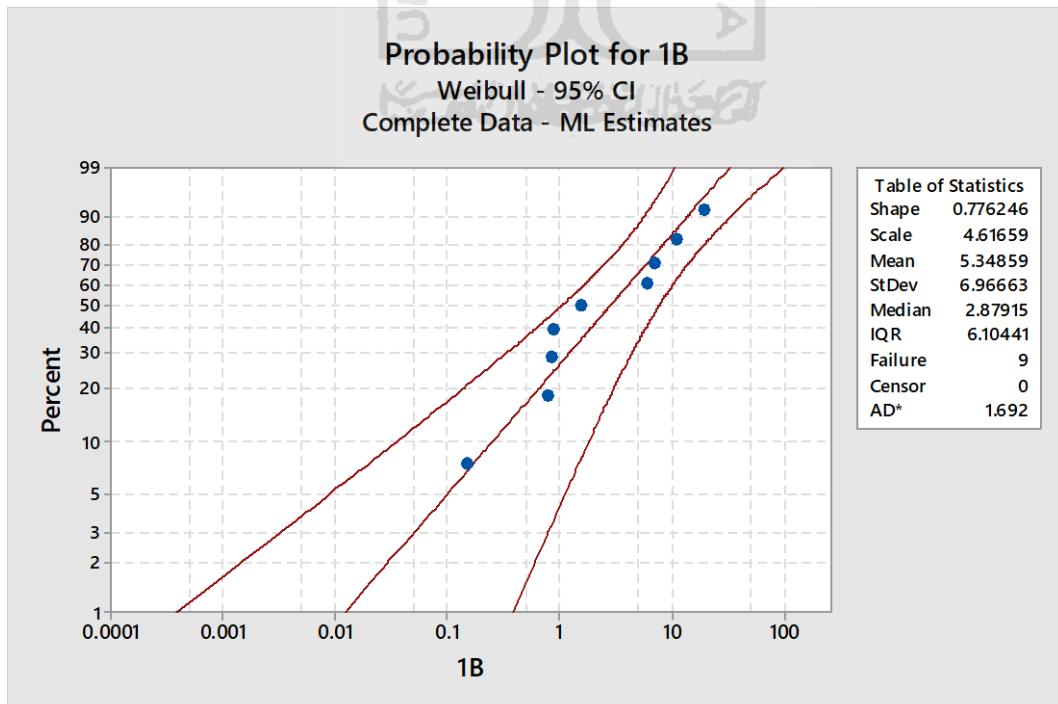
Tabel 5. 7 Data Durasi Perbaikan IDF (jam)

Data tersebut diatas kemudian dilakukan simulasi dengan distribusi weibull menggunakan software Minitab 17 sebagai berikut:



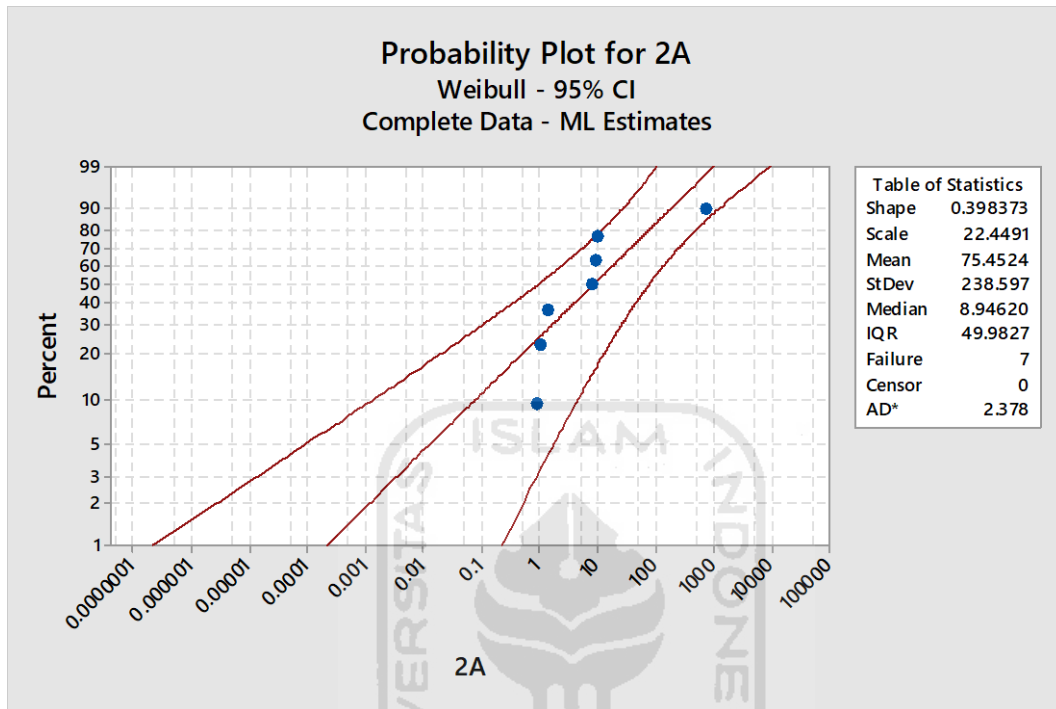
Grafik 5.7 Simulasi Data Perbaikan IDF 1A

Dari hasil simulasi menggunakan software Minitab 17 untuk data TTR IDF 1A didapatkan hasil simulasi seperti pada Grafik 5.7 diatas. Pada grafik tersebut didapatkan nilai shape parameter (β) sebesar 0,590914, nilai scale parameter (η) sebesar 28,5556 dan nilai mean (μ) sebesar 44,84.



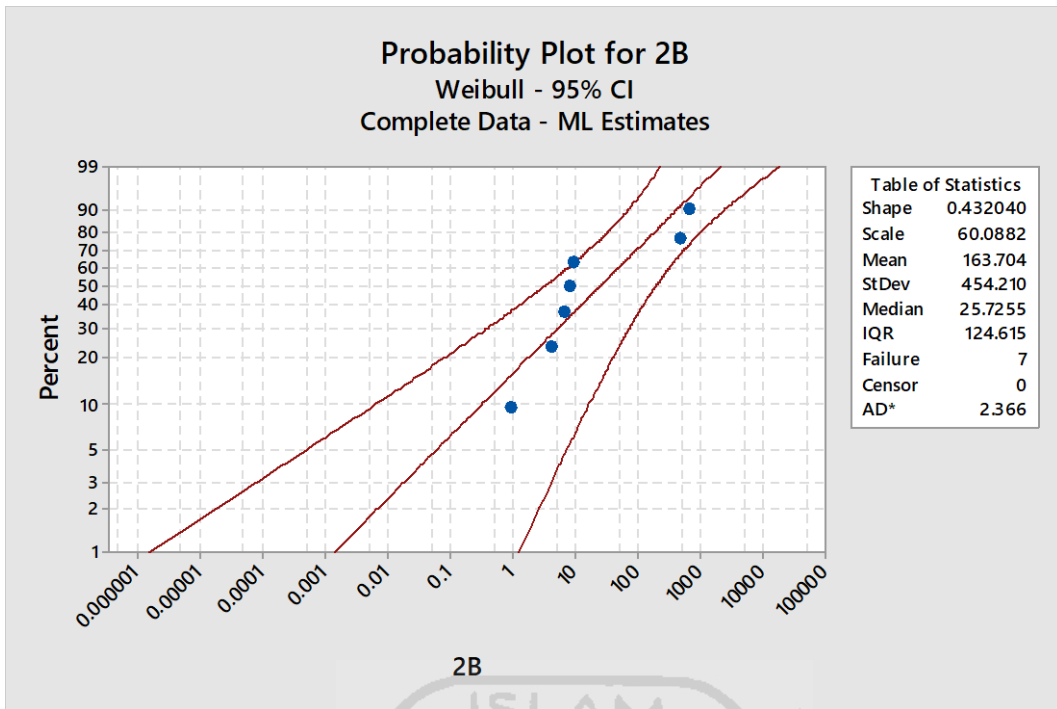
Grafik 5.8 Simulasi Data Perbaikan IDF 1B

Dari hasil simulasi menggunakan software Minitab 17 untuk data TTR IDF 1B didapatkan hasil simulasi seperti pada Grafik 5.8 diatas. Pada grafik tersebut didapatkan nilai shape parameter (β) sebesar 0,776246, nilai scale parameter (η) sebesar 4,61659 dan nilai mean (μ) sebesar 5,34859



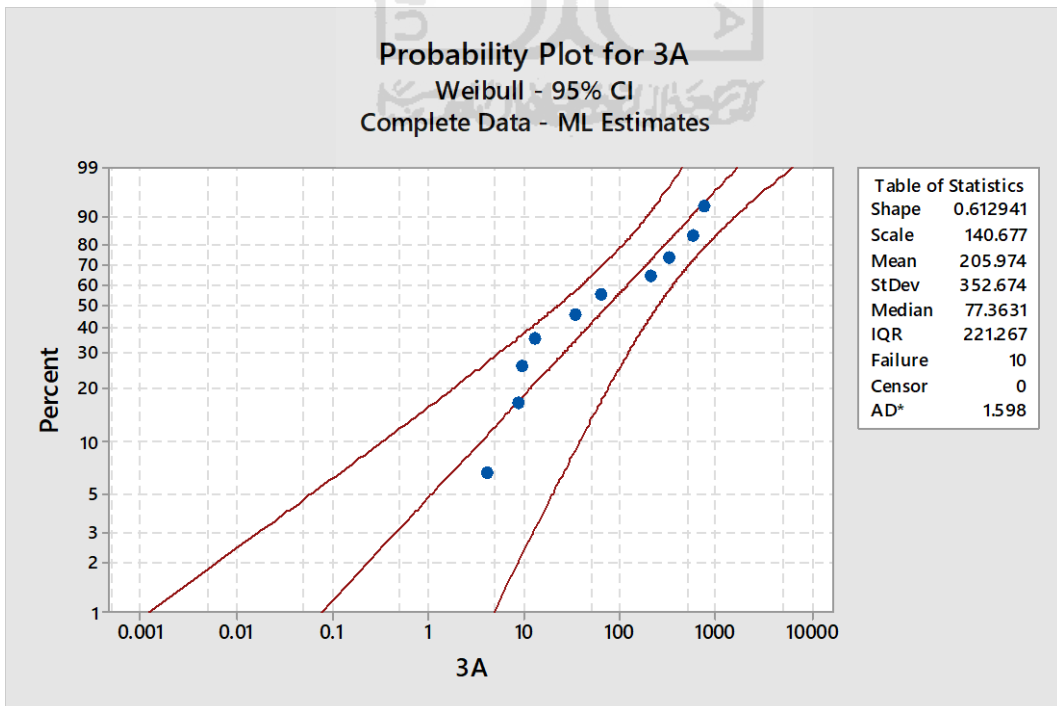
Grafik 5.9 Simulasi Data Perbaikan IDF 2A

Dari hasil simulasi menggunakan software Minitab 17 untuk data TTR IDF 2A didapatkan hasil simulasi seperti pada Grafik 5.9 diatas. Pada grafik tersebut didapatkan nilai shape parameter (β) sebesar 0,398373, nilai scale parameter (η) sebesar 22,4491 dan nilai mean (μ) sebesar 75,4524



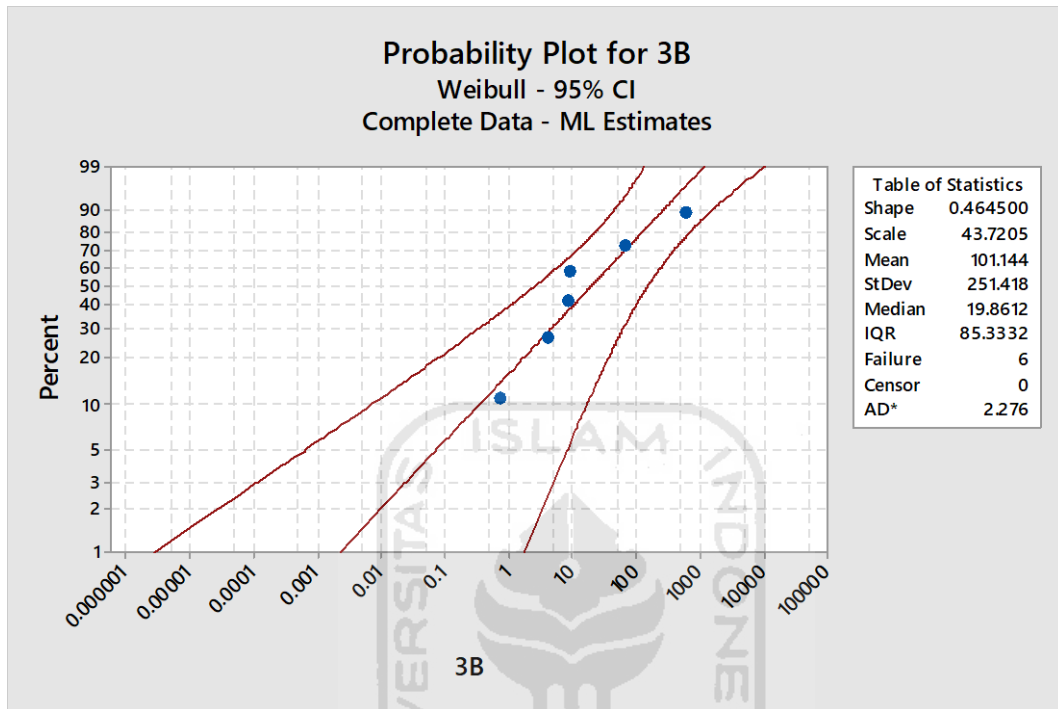
Grafik 5.10 Simulasi Data Perbaikan IDF 2B

Dari hasil simulasi menggunakan software Minitab 17 untuk data TTR IDF 2B didapatkan hasil simulasi seperti pada Grafik 5.10 diatas. Pada grafik tersebut didapatkan nilai shape parameter (β) sebesar 0,432040, nilai scale parameter (η) sebesar 60,0882 dan nilai mean (μ) sebesar 163,704



Grafik 5.11 Simulasi Data Perbaikan IDF 3A

Dari hasil simulasi menggunakan software Minitab 17 untuk data TTR IDF 3A didapatkan hasil simulasi seperti pada Grafik 5.11 diatas. Pada grafik tersebut didapatkan nilai shape parameter (β) sebesar 0,612941, nilai scale parameter (η) sebesar 140,677 dan nilai mean (μ) sebesar 205,974



Grafik 5.12 Simulasi Data Perbaikan IDF 3B

Dari hasil simulasi menggunakan software Minitab 17 untuk data TTR IDF 3B didapatkan hasil simulasi seperti pada Grafik 5.12 diatas. Pada grafik tersebut didapatkan nilai shape parameter (β) sebesar 0,4645, nilai scale parameter (η) sebesar 43,7205 dan nilai mean (μ) sebesar 101,144

Dari hasil simulasi diatas didapatkan data shape parameter (β) dan scale parameter (η) seperti dalam tabel 5.10 berikut:

Keterangan		Unit 1		Unit 2		Unit 3	
		A	B	A	B	A	B
Shape Parameter	β	0.59	0.78	0.40	0.43	0.61	0.46
Scale Parameter	η	28.56	4.62	22.45	60.09	140.68	43.72

Tabel 5. 10 Data hasil simulasi perbaikan IDF

Selanjutnya dari data diatas kemudian diolah menggunakan rumus MTTR distribusi weibull, perhitungan untuk unit IDF 1A dapat dilakukan seperti berikut:

$$MTTR = \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

$$= 28,56 \times \Gamma \left(1 + \frac{1}{0,59} \right)$$

$$= 28,56 \times \Gamma (2,69)$$

$$= 28,56 \times 1,5353 = 43,84 \text{ jam (1,83 hari)}$$

Untuk mesin IDF yang lain juga dihitung menggunakan rumus yang sama sehingga hasil perhitungan mesin – mesin IDF tersebut dapat direkapitulasi dalam excel menjadi seperti dalam tabel 5.11 berikut:

Mesin IDF	η	MTTR		
		$(1+1/\beta)$	$\Gamma(1+1/\beta)$	MTTR (Jam)
1A	28,56	2,69	1,5353	43,84
1B	4,62	2,29	1,1586	5,35
2A	22,45	3,51	3,3611	75,45
2B	60,09	3,31	2,7244	163,70
3A	129,02	2,82	1,7119	220,86
3B	43,72	3,15	2,3134	101,14

Tabel 5. 11. Data Simulasi MTTR IDF (jam)

Dari tabel 5.11 diatas, untuk mesin IDF 1A didapatkan lama waktu perbaikan (*time to repair*) setiap kali terjadi kerusakan adalah 43,84 jam atau 1,83 hari, mesin IDF 1B adalah 5,35 jam (0,22 hari), mesin IDF 2A adalah 75,45 jam (3,14 hari), mesin IDF 2B adalah 163,70 jam (6,82 hari), mesin IDF 3A adalah 220,86 jam (9,2 hari) dan mesin IDF 3B adalah 101,14 jam (4,21 hari).

5.5. Analisa Biaya

5.5.1. Biaya Investasi Awal / *Investment Cost* (CI)

Biaya investasi awal hasil pengolahan data kontrak awal pembangunan pembangkit untuk instalasi 1-unit peralatan IDF adalah sebagai berikut:

No.	Diskripsi	Vol	Nilai (Rp.)
1.	Peralatan IDF	1 Unit	2.997.787.225,00
2	Asuransi pengiriman	1 Lot	81.539.631,00
3	Biaya Pengiriman	1 Lot	7.665.166,00
4	Biaya Pemasangan	1 Lot	168.156.246,00
Biaya Investasi total (CI)			3.255.148.269,00

Tabel 5. 12 Perhitungan Investasi mesin IDF per unit

Asumsi perhitungan:

- Barang dikirim dari luar negeri (China)
- Barang dibeli menggunakan US Dollar dan saat pembelian barang nilai tukar rupiah yang digunakan (KURS) adalah Rp. 9.000.
- Harga barang sudah termasuk pajak

5.5.2. Biaya Operasional / *Operational Cost* (CO)

Untuk 1-unit terdiri dari 2 buah mesin IDF sehingga masing – masing mesin IDF beroperasi 50% dari kapasitas maksimum mesin. Analisis biaya operasional untuk 1 mesin IDF adalah sebagai berikut:

Konsumsi daya listrik 1 mesin IDF = 215 kW

Efisiensi operasi 1 mesin IDF = 50%

Biaya listrik per Jam = 680 (Rp/kWh)

Biaya Produksi per jam per unit = 4.386.000 (Rp)

5.5.3. Biaya Pemeliharaan

Biaya pemeliharaan merupakan biaya pemeliharaan rutin yang dikeluarkan setiap tahun untuk menjaga perfoma dari peralatan IDF tetap dalam kondisi normal. Jadwal pemeliharaan rutin (*periodic inspection*) untuk masing – masing unit adalah sebagai berikut:

Unit	Tahun														
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Unit 1	FYI	SI	ME	SI	SE	SI	ME	SI	SE	SI	ME	SI	SE	SI	ME
Durasi (day)	60	30	45	30	60	30	45	30	60	30	45	30	60	30	45
Unit 2	-	FYI	SI	ME	SI	SE	SI	ME	SI	SE	SI	ME	SI	SE	SI
Durasi (day)	-	60	30	45	30	60	30	45	30	60	30	45	30	60	30
Unit 3	-	FYI	SI	ME	SI	SE	SI	ME	SI	SE	SI	ME	SI	SE	SI
Durasi (day)	-	60	30	45	30	60	30	45	30	60	30	45	30	60	30

Tabel 5. 13 Durasi pemeliharaan periodik unit

Durasi pelaksanaan pemeliharaan FYI (*First Year Inspection*) adalah selama 60 hari, pemeliharaan SI (*Simple Inspection*) selama 30 hari, pemeliharaan ME (*Mean Inspection*) selama 45 hari dan pemeliharaan SE (*Serius Inspection*) selama 60 hari.

Dari pemeliharaan rutin tersebut didapatkan jam operasi untuk masing – masing unit seperti tabel berikut:

Unit	Tahun														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Unit 1 (Jam)	7.344	8.040	7.680	8.036	7.343	8.040	7.680	8.040	7.344	8.040	7.680	8.040	7.344	8.040	7.680
Unit 2 (Jam)	8.784	7.291	8.040	7.680	8.063	7.310	8.040	7.680	8.064	7.320	8.040	7.680	8.064	7.320	8.040
Unit 3 (Jam)	8.784	7.288	8.016	7.680	8.064	7.320	8.040	7.680	8.064	7.320	8.040	7.680	8.064	7.320	8.040

Tabel 5. 14 Jam operasi per tahun

Biaya pemeliharaan untuk pekerjaan FYI untuk masing – masing peralatan IDF adalah sebagai berikut:

Pekerjaan First Year Inspection (FYI)				
No.	Uraian	Sat	Vol	Total
1	Labour	Mandays	60	114.300.000,00
2	Alat Kerja	Days	60	15.210.000,00
3	Konsumable	Set	1	48.921.000,00
4	APD	Set	1	410.000,00
5	Administrasi	Set	1	10.700.000,00
Total biaya FYI				189.541.000,00

Tabel 5. 15 Biaya pekerjaan pemeliharaan rutin FYI

Biaya pemeliharaan untuk pekerjaan SI untuk masing – masing peralatan IDF adalah sebagai berikut:

Pekerjaan Simple Inspection (SI)				
No.	Uraian	Sat	Vol	Total
1	Labour	Mandays	30	57.150.000,00
2	Alat Kerja	Days	30	7.605.000,00
3	Konsumable	Set	1	48.921.000,00
4	APD	Set	1	410.000,00
5	Administrasi	Set	1	10.700.000,00
Total biaya SI				124.786.000,00

Tabel 5. 16 Biaya pekerjaan pemeliharaan rutin SI

Biaya pemeliharaan untuk pekerjaan ME untuk masing – masing peralatan IDF adalah sebagai berikut:

Pekerjaan Mean Inspection (ME)				
No.	Uraian	Sat	Vol	Total
1	Labour	Mandays	45	85.725.000,00
2	Alat Kerja	Days	45	11.407.500,00
3	Konsumable	Set	1	48.921.000,00
4	APD	Set	1	410.000,00
5	Administrasi	Set	1	10.700.000,00
Total biaya ME				157.163.500,00

Tabel 5. 17 Biaya pekerjaan pemeliharaan rutin ME

Biaya pemeliharaan untuk pekerjaan SE untuk masing – masing peralatan IDF adalah sebagai berikut:

Pekerjaan Serious Inspection (SE)				
No.	Uraian	Sat	Vol	Total
1	Labour	Mandays	60	114.300.000,00
2	Alat Kerja	Days	60	15.210.000,00
3	Konsumable	Set	1	48.921.000,00
4	APD	Set	1	410.000,00
5	Administrasi	Set	1	10.700.000,00
Total biaya SE				189.541.000,00

Tabel 5. 18 Biaya pekerjaan pemeliharaan rutin SE

5.5.4. Biaya Perbaikan Kerusakan (CF)

Merupakan biaya yang dikeluarkan untuk perbaikan kerusakan yang terjadi pada mesin IDF di masing – masing unit selama 15 tahun. Dari simulasi hasil perhitungan MTTF untuk masing – masing mesin IDF didapatkan perkiraan waktu kejadian kerusakan untuk masing – masing mesin IDF. Kemudian dari waktu kejadian tersebut dilakukan simulasi waktu kejadian kerusakan selama 15 tahun sehingga didapatkan kejadian kerusakan selama 15 tahun seperti dalam tabel berikut:

Simulasi Waktu Kejadian Kerusakan IDF																
Mesin IDF	Tahun ke															Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1A	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	12
1B	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	26
2A	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	22
2B	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	18
3A	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	1	1	24
3B	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	18

Tabel 5. 19 Simulasi kejadian gangguan mesin IDF

Dari simulasi kejadian kerusakan selama 15 tahun seperti dalam tabel diatas didapatkan total kejadian untuk masing – masing mesin IDF. Untuk mesin IDF 1A selama 15 tahun terjadi 12 kali kejadian kerusakan, untuk mesin IDF 1B terjadi 26 kali kerusakan, untuk mesin IDF 2A terjadi 22 kali kerusakan, untuk mesin IDF 2B terjadi 18 kali kerusakan, untuk mesin IDF 3A terjadi 24 kali kerusakan dan untuk mesin IDF 3B terjadi 18 kali kerusakan. Durasi waktu perbaikan kerusakan untuk masing – masing mesin IDF sesuai dengan simulasi perhitungan *Mean Time to Repair* (MTTR) pada tabel 5.11. Biaya untuk perbaikan mesin IDF per hari adalah sebagai berikut:

Biaya Perbaikan IDF				
No.	Uraian	Sat	Days	Total
1	Labour	Mandays	1,00	1.905.000,00
2	Alat Kerja	Days	1,00	253.500,00
3	Konsumable	Set	1,00	48.921.000,00
4	APD	Set	1,00	410.000,00
5	Administrasi	Set	1,00	10.700.000,00
Total Biaya Perbaikan per hari				62.189.500,00

Tabel 5. 20 Perhitungan biaya perbaikan mesin IDF per hari

Untuk perhitungan labour di tabel 5.20 jumlah hari menyesuaikan dengan nilai MTTR per mesin IDF sesuai dengan tabel 5.11. Sebagai contoh untuk mesin IDF 1A, sesuai tabel 5.19 terjadi kerusakan pada tahun ke-2 kemudian waktu perbaikan IDF 1A sesuai dengan tabel 5.11 adalah 43,84 jam atau 1,83 hari. Perhitungan biaya perbaikan IDF 1A adalah seperti tabel berikut:

No.	Uraian	Sat	Days	Total
1	Labour	Mandays	1,83	3.479.799,88
2	Alat Kerja	Days	1,83	463.059,98
3	Konsumable	Set	1,00	48.921.000,00
4	APD	Set	1,00	410.000,00
5	Administrasi	Set	1,00	10.700.000,00
Biaya Perbaikan IDF 1A				63.973.859,87

Tabel 5. 21 Perhitungan biaya perbaikan mesin IDF 1A

Dengan cara yang sama digunakan untuk perhitungan mesin IDF 1B, IDF 2A, IDF 2B, IDF 3A dan IDF 3B sehingga didapatkan biaya perbaikan mesin IDF seperti tabel berikut:

Perbaikan	Biaya
Biaya Perbaikan IDF 1A	63.973.859,87
Biaya Perbaikan IDF 1B	60.512.039,16
Biaya Perbaikan IDF 2A	66.817.019,71
Biaya Perbaikan IDF 2B	74.754.109,10
Biaya Perbaikan IDF 3A	79.895.044,97
Biaya Perbaikan IDF 3B	69.127.578,83

Tabel 5. 22 Biaya perbaikan masing – masing mesin IDF

5.5.5. Analisa Life Cycle Cost

Dari perhitungan – perhitungan per komponen biaya Investasi, biaya operasi, biaya pemeliharaan rutin, biaya perbaikan dan biaya penyusutan kemudian direkapitulasi dalam excel dan dilanjutkan dengan analisa LCC seperti berikut:

Analisa LCC untuk IDF unit 1

No.	Keterangan	ID	Tahun																Total	
			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026		
1	Biaya Investasi	CI	6,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,51
2	Biaya Operasi	CO	-	32,47	35,52	33,94	35,50	32,47	35,52	33,94	35,52	32,47	35,52	33,94	35,52	32,47	35,52	33,94	514,31	
3	Biaya Pemeliharaan	CM	-	0,38	0,25	0,31	0,25	0,38	0,25	0,31	0,25	0,38	0,25	0,31	0,25	0,38	0,25	0,31	4,52	
4	Biaya Perbaikan	CF	-	0,06	0,18	0,18	0,18	0,12	0,12	0,18	0,18	0,18	0,12	0,12	0,18	0,18	0,18	0,12	2,34	
5	Biaya Disposasi	CD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	Total Biaya		6,51	32,91	35,96	34,44	35,94	32,97	35,89	34,44	35,96	33,04	35,90	34,38	35,96	33,04	35,96	34,38	527,68	
7	NPV	10%	6,51	29,92	29,72	25,88	24,55	20,47	20,26	17,68	16,77	14,01	13,84	12,05	11,46	9,57	9,47	8,23	270,38	

Tabel 5. 8 Perhitungan LCC IDF unit 1 (dalam milyar)

Dari tabel 5.22, simulasi total biaya mesin IDF unit 1 selama 15 tahun atau dari tahun 2011 s.d 2026 adalah Rp. 527,68 milyar, dengan asumsi suku bunga bank tahun 2017 adalah 10% maka didapatkan nilai NPV = 270,38 kemudian dan B/C = 80,05.

Analisa LCC untuk IDF unit 2

No.	Keterangan	ID	Tahun															Total	
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026		2027
1	Biaya Investasi	CI	6,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,51
2	Biaya Operasi	CO	-	38,79	32,24	35,52	33,94	35,63	32,32	35,52	33,94	35,63	32,37	35,52	33,94	35,63	32,37	35,52	518,89
3	Biaya Pemeliharaan	CM	-	-	0,38	0,25	0,31	0,25	0,38	0,25	0,31	0,25	0,38	0,25	0,31	0,25	0,38	0,25	4,21
4	Biaya Perbaikan	CF	-	0,14	0,14	0,21	0,14	0,28	0,14	0,21	0,14	0,21	0,22	0,21	0,14	0,21	0,14	0,28	2,82
5	Biaya Disposasi	CD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Total Biaya		6,51	38,93	32,76	35,98	34,40	36,16	32,84	35,98	34,40	36,09	32,96	35,98	34,40	36,09	32,89	36,06	532,42
7	Suku Bunga	10%	6,51	35,39	27,07	27,03	23,50	22,45	18,54	18,46	16,05	15,30	12,71	12,61	10,96	10,45	8,66	8,63	274,34

Tabel 5. 9 Perhitungan LCC IDF unit 2 (dalam milyar)

Dari tabel 5.23, simulasi total biaya mesin IDF unit 2 selama 15 tahun atau dari tahun 2012 s.d 2027 adalah Rp. 532,42 milyar, dengan asumsi suku bunga bank tahun 2017 adalah 10% maka didapatkan nilai NPV = 247,34 dan B/C = 80,78.

Analisa LCC untuk IDF unit 3

No.	Keterangan	ID	Tahun															Total	
			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026		2027
1	Biaya Investasi	CI	6,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,51
2	Biaya Operasi	CO	-	38,79	32,23	35,42	33,94	35,63	32,37	35,52	33,94	35,63	32,37	35,52	33,94	35,63	32,37	35,52	518,82
3	Biaya Pemeliharaan	CM	-	-	0,38	0,25	0,31	0,25	0,38	0,25	0,31	0,25	0,38	0,25	0,31	0,25	0,38	0,25	4,21
4	Biaya Perbaikan	CF	-	0,15	0,23	0,23	0,15	0,30	0,30	0,15	0,23	0,30	0,23	0,15	0,23	0,23	0,15	0,15	3,16
5	Biaya Disposasi	CD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Total Biaya		6,51	38,93	32,83	35,90	34,41	36,17	33,04	35,92	34,49	36,18	32,97	35,92	34,49	36,11	32,89	35,92	532,70
7	Suku Bunga	10%	6,51	35,39	27,14	26,97	23,50	22,46	18,65	18,43	16,09	15,34	12,71	12,59	10,99	10,46	8,66	8,60	274,50

Tabel 5. 25 Perhitungan LCC IDF unit 3 (dalam milyar)

Dari tabel 5.24, simulasi total biaya mesin IDF unit 1 selama 15 tahun atau dari tahun 2012 s.d 2027 adalah Rp. 532,70 milyar. Dengan asumsi suku bunga bank tahun 2017 adalah 10% maka didapatkan nilai NPV = 247,5 dan B/C = 80,82.

Dari hasil analisa LCC mesin IDF di unit 1, unit 2 dan unit 3 kemudian direkapitulasi dalam tabel 5.25 sebagai berikut:

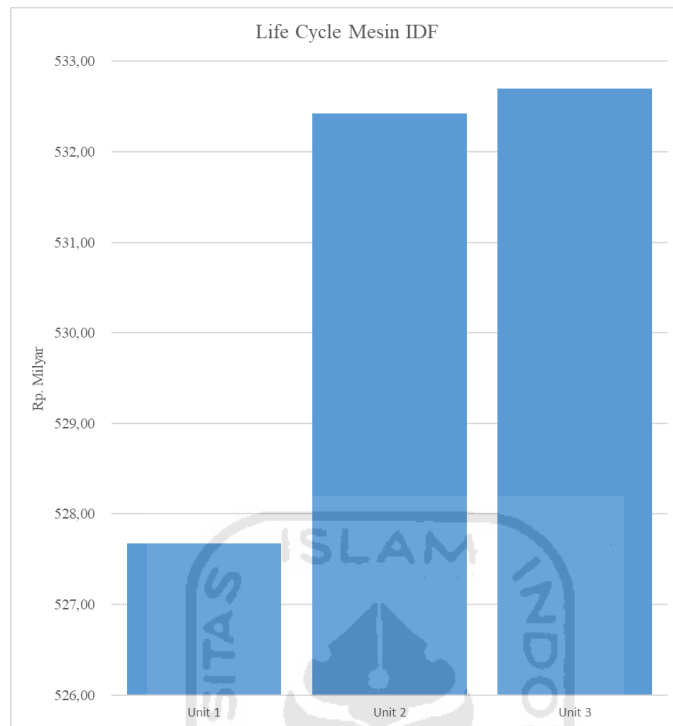
No.	Unit	NPV	B/C	LCC
1	Unit 1	270,38	80,05	527,68
2	Unit 2	274,34	80,78	532,42
3	Unit 3	274,50	80,82	532,70

Tabel 5. 26 Rekapitulasi analisa LCC mesin IDF (dalam milyar)

Dari hasil rekapitulasi di tabel 5.25, perbandingan nilai LCC antara unit 1, unit 2 dan unit 3 didapatkan nilai LCC paling rendah adalah unit 1 sebesar Rp. 527,68 Milyar sedang nilai LCC tertinggi adalah di unit 3 sebesar Rp. 532,7 Milyar.

5.5.6. Hasil Analisa Perhitungan

Dari data diatas dapat dibandingkan total biaya siklus hidup (Life Cycle Cost) untuk unit 1, unit 2 dan unit 3 dalam grafik sebagai berikut:



Gambar 5.1 Grafik Perbandingan Life Cycle Cost Mesin IDF antar unit

Dari Grafik diatas didapatkan hasil bahwa total biaya life cycle cost di unit 1 lebih rendah daripada unit 2 dan unit 3.

Dengan simulasi periode operasi selama 15 tahun terdapat perbedaan total biaya antar unit, hal ini terjadi karena terdapat perbedaan biaya operasi dan pemeliharaan antar unit. Perbandingan biaya per komponen LCC sebagai berikut:

Unit	CI	CO	CM	CF	CD	LCC
Unit 1	6,51	514,31	4,52	2,34	-	527,68
Unit 2	6,51	518,89	4,21	2,82	-	532,42
Unit 3	6,51	518,82	4,21	3,16	-	532,70

Tabel 5. 27 Perbandingan Biaya Mesin IDF antar unit (dalam milyar)

Dari hasil simulasi gangguan sesuai tabel 5.19, unit 3 mengalami total 42 kejadian gangguan sedang unit 2 mengalami total 40 kejadian dan unit 1 mengalami 38 kejadian sehingga biaya untuk perbaikan mesin IDF unit 3 lebih tinggi yaitu mencapai 3,16 Milyar, kemudian mesin IDF Unit 2 mencapai 2,82 Milyar dan mesin IDF Unit 1 mencapai 2,34 Milyar.

Dengan kondisi tersebut, salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan tingkat kejadian gangguan di unit 2 dan unit 3, perlu dilakukan prediktif dan preventive maintenance dengan menggunakan simulasi data unit 1 sehingga kejadian gangguan yang akan terjadi di unit 2 dan 3 dapat diprediksi. Material cadang yang diperlukan untuk mesin IDF pun sudah dapat direncanakan lebih awal sehingga saat terjadi breakdown mesin, repair mesin dapat dilakukan lebih cepat.



BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari analisa data secara kualitatif nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) mesin *Induce Draft Fan* (IDF) di PLTU Lontar didapatkan MTTF untuk mesin IDF 1A selama 10.726,6 jam atau 447 hari, untuk mesin IDF 1B selama 4.891,07 jam atau 204 hari, untuk mesin IDF 2A selama 5.961,44 jam atau 248 hari, untuk mesin IDF 2B selama 7.047,26 jam atau 294 hari, untuk mesin IDF 3A selama 5.059,77 jam atau 211 hari dan untuk mesin IDF 3B selama 7.218,89 jam atau 301 hari. Dari hasil analisa tersebut nilai MTTF terendah adalah mesin IDF 1B selama 204 hari dan nilai MTTF tertinggi adalah mesin IDF 1A selama 447 hari.
2. Dari analisa data secara kualitatif nilai *Mean Time to Repair* (MTTR) mesin *Induce Draft Fan* (IDF) di PLTU Lontar didapatkan MTTR untuk mesin IDF 1A selama 43,84 jam atau 1,83 hari, untuk mesin IDF 1B selama 5,35 jam atau 0,22 hari, untuk mesin IDF 2A selama 75,45 jam atau 3,14 hari, untuk mesin IDF 2B selama 163,70 jam atau 6,82 hari, untuk mesin IDF 3A selama 220,86 jam atau 9,2 hari dan untuk mesin IDF 3B selama 101,14 jam atau 4,21 hari. Dari hasil analisa tersebut nilai MTTR terendah adalah mesin IDF 1B selama 5,35 jam dan nilai MTTR tertinggi adalah mesin IDF 3A selama 220,86 jam.
3. Dari analisa data secara kualitatif dengan perhitungan *Life Cycle Cost* selama 15 tahun biaya total terendah adalah IDF unit 1 sebesar 527,68 Milyar kemudian IDF unit 2 sebesar 532,42 Milyar dan IDF unit 3 sebesar 532,7 Milyar.
4. Dari perhitungan diatas dengan siklus pemeliharaan periodik (SI-ME-SI-SE) yang sama untuk masing – masing unit, biaya total pemeliharaan mesin IDF tiap unit selama 15 tahun berbeda – beda. Biaya total pemeliharaan terendah terdapat di mesin IDF unit 1.

6.2. Saran

Saran dalam penelitian ini adalah:

1. Berdasarkan hasil pengolahan data, penulis menyarankan agar metode *life cycle cost* ini dapat digunakan untuk analisa mesin lain dan lebih mendalam (per komponen mesin) sehingga dapat menjadi pertimbangan manajemen dalam melakukan investasi.
2. Metode ini masih perlu dikembangkan lebih lanjut.





Daftar Pustaka

- Admin. (2008, Juni 16). *Listrik*. Retrieved from Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral Website: www3.esdm.go.id/berita/listrik/39-listrik/1807-perkembangan-program-percepatan-10000-mw.html
- Asset Management - An Anatomy Version 3*. (2015). The Institute of Asset Management.
- Bangun, I. H., Rahman, A., & Darmawan, Z. (2014). 1. Perencanaan Pemeliharaan Mesin Produksi dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II pada Mesin Blowing OM . *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 997-1008.
- Barringer, H., & Webber, D. P. (1996). Life Cycle Cost Tutorial. *Fifth International Conference on Process Plant Reliability*. Houston, Texas: Gulf Publishing Company & Hydrocarbon Processing.
- Bhakti, R., & Kromodihardjo, S. (2015). Perancangan Sistem Pemeliharaan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Pulverized. *Jurnal Teknik ITS Vol.6 No.1*.
- Borghagen, L. (2004). Life Cycle Cost Analysis. In K. B. Zandin, *Maynard's Industrial Engineering Handbook Fifth Edition* (p. 3.95). Stockholm, Sweden: The McGraw-Hill Companies.
- Corder, A. (1992). *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta: Erlangga.
- Dewi, N. C., & Rinawati, D. I. (2015). Analisa Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) dengan Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Six Big Losses Mesin Cavitec. *Undip E-Jurnal System Portal Vol.4 No.4*.
- Eliyus, A. R., Alhilman, J., & Sutrisno. (2014). Estimasi Biaya Maintenance dengan Metode Markov Chain dan Penentuan Umur Mesin serta Jumlah Maintenance Crew yang Optimal dengan Metode Life Cycle Cost. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri Vol 1 No 02*.
- F.B.B, R. J., Santoso, P. B., & Soenoko, R. (2013). Analisa dan Penerapan Model Maintenance Quality Function Deploymnt (MQFD) untuk Meningkatkan Kualitas Sistem Pemeliharaan Mesin Gilingan. *Jurnal Rekayasa Mesin Vol.4, 67-78*.
- Farr, J. V. (2011). *Systems Life Cycle Costing*. New York: CRC Press.
- IA Firstantara, d. (2014). *Manajemen Aset Fisik Strategis*. Yogyakarta: LeutikaPrio.
- ISO 55000. (2014). *Asset Management - Overview, Prnciples and Terminology*. Switzerland: ISO.
- Kawauchi, Y., & Rausand, M. (1999). *Life Cycle Cost (LCC) Analysis in Oil and Chemical Process Industries*. Japan.

- Komarasakti, D. (2008). Analisa Biaya Pemeliharaan Mesin terhadap Kualitas Produksi pada PT X. *Jurnal Computech & Bisnis, Vol.2, No.1, Juni 2008, 52-59.*
- Livia, K., & Fewidarto, P. D. (2016). Evaluasi Peningkatan Kinerja Produksi melalui Penerapan Total Productive Maintenance di PT Xacti Indonesia. *Jurnal Management dan Organisasi Vol. 7, No. 1.*
- Madiyahansah, R. F. (2018). *Analisa Ekonomis Peralatan Pulverizer untuk Optimalisasi Keandalan PLTU dengan Simulasi Monte Carlo dan Pendekatan Analisa Biaya Siklus Hidup (Studi Kasus : PLTU Rembang).* Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia .
- Muhtahadi, M. Z. (2009). Manajemen Pemeliharaan Untuk Optimasi Laba Perusahaan. *Jurnal Pendidikan Akutansi Indonesia Vol. VIII No.1, 35-43.*
- Narang, M. S. (2001). *Production Managment.* Nai Sarak: Dhanpapat Rai Co.
- Nisa, C., Alhilman, J., & Athari, N. (2016). Perancangan Kebijakan Maintenance pada Mesin Komori LS440 dengan menggunakan Metode Life Cycle Cost (LCC) dan Overall Equipment Effectiveness (OEE). *e-Proceeding of Engineering Vol.3 No.2 Agustus 2016, 3037.*
- Render, J. H. (2001). *Operation Management 6th edition.* New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Rochmoeljati, R. (2016). Perencanaan Perawatan Mesin Menggunakan Metode Markov Chain untuk Meminimumkan Biaya Perawatan. *Journal of Industrial Engineering and Mangement Vol 11 UPN Veteran Jatim.*
- S, D. I., Ruliana, T., & Herianto. (2016). Pengendalian Biaya Pemeliharaan Mesin pada PT Fastfood Indonesia Tbk Cabang Mulawarman Samarinda. *E-Journal Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda Vol 5.*
- Setiawan, F. (2008). *Perawatan Mekanikal Mesin Produksi.* Yogyakarta: Maximus.
- Sihombing, I., Susanto, N., & Suliantoro, H. (2017). Analisa Efektivitas Mesin Reng dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Fault Tree Analysis (FTA). *Undip E-Jurnal System Portal Vol.6 No.2.*
- Suliantoro, H., Prastawa, H., Sihombing, I., & M, A. (2017). Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Fault Tree Analysis (FTA) untuk mengukur Efektifitas Mesin Reng. *Undip E-Jurnal Portal System Vol.12, No.2 Mei 2017.*
- Tarigan, P., Ginting, E., & Siregar, I. (2013). Perawatan Mesin secara Preventive Maintenance dengan Modularity Design pada PT RXZ. *e-Jurnal Teknik Industri FT USU Vol 3, 35-39.*
- Wardoyo, T. (2017). Optimasi Interval Pemeliharaan Periodik Berdasarkan Analisa terhadap Reliability, Avaibility dan Maintainability PLTA Saguling . *Universitas Pasundan - Institutional Repositories & Scientific Journal.*

- Wibowo, T. J., & Sandriyana, A. N. (2015). Perencanaan Pemeliharaan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance di PT X. *Seminar Nasional Sains da Teknologi*. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Widyoadi, M. A., Saptadi, S., & Purwaningsih, R. (2017). Perencanaan Sistem Pemeliharaan Mesin Roller Head dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II). *Undip E-Jurnal System Portal Vol 6 No 2*.

