

**PREDIKSI UMUR PENGGANTIAN KONDENSER BERDASARKAN  
FAKTOR *CONDENSER BACK PRESSURE LOSS* MENGGUNAKAN  
METODE SIMPLE *LIFE CYCLE COST MANAGEMENT : ECONOMIC  
LIFE***

**TESIS**

Untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat Pendidikan Strata Dua (S-2)  
sebagai Magister Energi pada Program Studi Magister Energi



**Disusun Oleh :**

**ALAM EKA PUTRA**

**NIM. 30000422410010**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ENERGI  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG  
SEMARANG**

**2025**

## **PERSETUJUAN UJIAN TESIS**

Mahasiswa Program Magister Energi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro yang saya bimbing dalam Tesis :

Nama : Alam Eka Putra

NIM : 30000422410010

Konsentrasi : Magister Energy

Judul Proposal : Prediksi Umur Penggantian Kondenser Berdasarkan Faktor Condenser Back Pressure Loss Menggunakan Metode Simple Life Cycle Cost Management : Economic Life

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut telah melaksanakan Ujian Proposal Tesis dan Ujian Seminar Hasil Tesis sehingga menyetujui dan layak untuk melaksanakan Ujian Tesis.

Semarang, 3 Februari 2025

Pembimbing I



Prof. Dr. Dipl.-Ing. Ir. Berkah Fajar TK  
NIP. 195907221987031003

Pembimbing II

Marcelinus Christwardana, S.T, M.T, Ph.D  
NIP. H7.199004152022041001

Tembusan Yth :

1. Mahasiswa yang bersangkutan
2. Arsip



### PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa didalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah ditulis atau diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar Pustaka.

Semarang, 5 Februari 2025



ALAMEKA PUTRA  
NIM. 30000422410010

**PERNYATAAN PERSETUJUAN  
PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan dibawah ini “

Nama Mahasiswa : Alam Eka Putra  
NIM : 30000422410010  
Program Studi : Magister Energi  
Sekolah : Program Pascasarjana  
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Noneklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“PREDIKSI UMUR PENGGANTIAN KONDENSER BERDASARKAN FAKTOR  
CONDENSER BACK PRESSURE LOSS MENGGUNAKAN METODE SIMPLE  
LIFE CYCLE COST MANAGEMENT : ECONOMIC LIFE”**

Beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Program Studi Magister Energi Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tesis saya selama mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal 5 Februari 2025

Yang Menyatakan



Alam Eka Putra

NIM. 30000422410010

**HALAMAN PENGESAHAN TESIS**

PREDIKSI UMUR PENGGANTIAN KONDENSER BERDASARKAN FAKTOR *CONDENSER*  
*BACK PRESSURE LOSS* MENGGUNAKAN METODE *SIMPLE LIFE CYCLE COST*  
*MANAGEMENT : ECONOMIC LIFE*

**Disusun Oleh:**

ALAM EKA PUTRA  
NIM : 30000422410010

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji Pada Tanggal 5 Maret 2025

Tim Penguji

Pembimbing Pertama

(Prof. Dr. Dipl.-Ing. Ir. Berkah Fajar T.K.)  
NIP. 195907221987081003

Penguji Pertama

(Dr. Ir. Jaka Windarta, M.T., IPU, Asean.Eng.)  
NIP. 196405261989031002

Pembimbing Kedua

(Ir. Marcelinus Christwardana, S.T., M.T., Ph.D.)  
NIP. H7.199004152022041001

Penguji Kedua

(Dr. Denny Nurkertamanda, S.T., M.T.)  
NIP. 197312211999031002

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Magister Energi

Semarang, Maret 2025

Ketua Program Studi Magister Energi

Prof. Dr.-Ing. Silviana, ST, MT, IPM, ASEAN ENG.)  
NIP. 197412162000122001

Dekan Sekolah Pascasarjana



(Prof. Ir. M. Agung Wibowo, M.M., M.Sc., Ph.D.)  
NIP. 196702081994031005

**Saya dedikasikan secara khusus karya ini untuk kemajuan  
bangsa Indonesia di bidang Asset Management Pembangkit  
Listrik**



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan tesis yang berjudul “Prediksi Umur Penggantian Kondenser Berdasarkan Faktor *Condenser Back Pressure Loss* Menggunakan Metode Simple *LIFE CYCLE COST MANAGEMENT : ECONOMIC LIFE*”. Laporan tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Energi pada Program Studi Magister Energi, Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan yang berbahagia, tidak lupa penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih tiada tara kepada semua pihak yang telah membantu penulis selama pengerjaan Tesis ini, yaitu kepada :

1. Prof. Dr. Dipl.-Ing. Ir. Berkah Fajar TK., selaku Dosen Pembimbing Pertama atas segala waktu, tenaga, petunjuk, dan keramah-tamahannya dalam membimbing penulis mengerjakan Laporan tesis ini.
2. Ir. Marcelinus Christwardana, S.T, M.T, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Kedua serta selaku Dosen Wali atas segala waktu, tenaga, petunjuk, dan keramah-tamahannya dalam membimbing penulis mengerjakan Laporan tesis ini.
3. Prof. Dr.-Ing. Silviana, ST, MT, IPM, ASEAN ENG selaku Ketua Program Studi Magister Energi Universitas Diponegoro Semarang.
4. Prof. Ir. Mochamad Agung Wibowo, M.M., M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Pascasarjana, Universitas Diponegoro Semarang.
5. Bapak dan Ibu Dosen Magister Energi yang telah memberikan ilmu yang sangat luar biasa bermanfaat kepada penulis.
6. Rekan-rekan Magister Energi Semester Gasal 2022 yang selalu mendukung dan memberi semangat kepada penulis.
7. Istri dan Anak yang selalu memberikan Doa, dukungan dan semangat yang tiada henti.

Akhir kata penulis memohon maaf apabila terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan Laporan Tesis ini. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan dan mengembangkan Laporan Tesis ini agar menjadi penelitian tesis yang baik. Semoga segala yang tertuang dalam Laporan Tesis ini memberikan manfaat bagi kita semua, terutama dalam lingkup pekerjaan dan pendidikan.

Semarang, 4 Desember 2024

Penulis

## ABSTRACT

Energy demand in Indonesia continues to increase in line with economic and population growth. To meet this demand, the government has designed a 35 GW Power Supply Policy as outlined in Government Regulation No. 79 of 2014. In the power generation industry, asset management is a key factor in ensuring operational efficiency and system reliability. One of the main components in the power generation cycle is the condenser, which plays a crucial role in improving power plant efficiency. Condenser back pressure is a key operational parameter that can influence heat rate and overall energy consumption. This study aims to determine the economic life of Condenser Unit 2, evaluate the minimum life cycle cost (EAC), and assess energy savings obtained through repair or replacement options. Using the Life Cycle Cost Management (LCCM) Economic Life method, the results indicate that the economic life of the condenser is 23 years, shorter than its designed life of 30 years. The minimum life cycle cost (EAC) based on the design life is Rp. 16,086,891,513, while based on the economic life, it reaches Rp. 37,636,907,618, showing a difference of approximately 57.26%. Energy savings from condenser repair amount to Rp. 3,439,722,519 or 75,293 Gigajoules, whereas replacing the condenser results in savings of Rp. 18,275,566 or 347,236 Gigajoules. The decision-making evaluation suggests that the recommended option is "Keep and Improve" rather than "Replace," as the EAC Design Life Existing and EAC Economic Life Existing values are lower than the EAC Economic Life Candidate. Factors affecting the condenser's lifespan include operational conditions such as cooling water inlet temperature and condenser tube cleanliness, as well as maintenance factors like air ingress into the condenser. Therefore, optimizing maintenance practices, such as regular condenser tube cleaning and sealing casing leaks, is the primary recommendation to extend the condenser's lifespan.

Keywords: Condenser, Prediction, Economic Life, Life Cycle Cost Management (LCCM), Power Plant Efficiency, Condenser Back Pressure, Heat rate, Asset replacement.

## ABSTRAK

Permintaan energi di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan populasi. Untuk memenuhi kebutuhan energi, pemerintah merancang kebijakan Penyediaan Tenaga Listrik dengan kapasitas 35 GW berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014. Dalam industri pembangkitan listrik, pengelolaan aset menjadi faktor kunci untuk memastikan efisiensi operasional dan keandalan sistem. Salah satu komponen utama dalam siklus pembangkitan adalah kondenser, yang memiliki peran krusial dalam meningkatkan efisiensi pembangkit listrik. Tekanan balik kondenser (Condenser Back Pressure) menjadi parameter operasional utama yang dapat memengaruhi heat rate dan konsumsi energi pembangkit. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan umur ekonomis kondenser Unit 2, mengevaluasi biaya siklus hidup minimum (EAC), serta menilai penghematan energi yang dapat diperoleh dengan opsi perbaikan (repair) atau penggantian (replace). Dengan menggunakan metode Life Cycle Cost Management (LCCM) Economic Life, diperoleh hasil bahwa umur ekonomis kondenser adalah 23 tahun, lebih pendek dari umur desainnya yang mencapai 30 tahun. Biaya siklus hidup minimum (EAC) berdasarkan umur desain adalah Rp. 16,086,891,513, sementara berdasarkan umur ekonomis adalah Rp. 37,636,907,618, menunjukkan perbedaan sekitar 57,26%. Penghematan energi jika dilakukan perbaikan kondenser adalah Rp. 3,439,722,519 atau setara dengan 75,293 Gigajoule, sedangkan jika dilakukan penggantian kondenser, penghematan mencapai Rp. 18,275,566 atau 347,236 Gigajoule. Hasil evaluasi pengambilan keputusan menunjukkan bahwa opsi yang direkomendasikan adalah "Keep and Improve" dibandingkan dengan opsi "Replace", karena nilai EAC Design Life Existing dan EAC Economic Life Existing lebih rendah dibandingkan dengan EAC Economic Life Candidate. Faktor-faktor yang memengaruhi umur kondenser meliputi kondisi operasional seperti suhu inlet cooling water dan kebersihan tube kondenser, serta faktor pemeliharaan seperti kebocoran udara ke dalam kondenser. Oleh karena itu, optimalisasi pemeliharaan seperti pembersihan tube kondenser dan perbaikan kebocoran casing kondenser menjadi rekomendasi utama dalam memperpanjang umur kondenser.

Kata Kunci : Kondensor, Prediksi, Umur Ekonomis, Life Cycle Cost Management (LCCM), Efisiensi Pembangkit, Tekanan Balik Kondensor, Heat rate, Penggantian Peralatan.

## DAFTAR ISI

### Contents

<b>1</b>	<b>HALAMAN PENGESAHAN TESIS.....</b>	<b>iv</b>
<b>2</b>	<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>3</b>	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>4</b>	<b>ABSTRAK.....</b>	<b>ix</b>
<b>5</b>	<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>6.</b>	<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>7</b>	<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xvii</b>
<b>8</b>	<b>DAFTAR DIAGRAM .....</b>	<b>xix</b>
<b>9</b>	<b>BAB I.....</b>	<b>15</b>
1.1	Latar Belakang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2	Perumusan Masalah.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3	Tujuan Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4	Manfaat Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.5	Originalitas Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>10</b>	<b>BAB II.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1.	Asset Management .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

- 2.2. Pemeliharaan Peralatan ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 2.3. Pengertian Kondisi Keandalan Pembangkit **Error! Bookmark not defined.**
- 2.4. Konsep Penggantian Peralatan ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 2.5. Life Cycle Cost Management (LCCM)..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.5.1. Pengertian Tentang Life Cycle Cost Management (LCCM)..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.5.3. Manfaat Life Cycle Cost..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.5.4. Pengertian Tentang Umur Ekonomis (*Economic Life*).**Error! Bookmark not defined.**
  - 2.5.5. Depresiasi Aset ..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.5.6. Nilai Inflasi (Inflation Rate) ..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.5.7. Nilai Suku Bunga (Discount Rate) ..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.5.8. Pengertian dan Perhitungan Equivalent Annual Cost (EAC)..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.5.9. Penjelasan dan Perhitungan Rekomendasi Decision Analysis EAC **Error! Bookmark not defined.**
- 2.6. Condenser..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.6.1. Condenser Back Pressure ..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.6.2. Condenser Performance Indicator ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 2.7. Peluang Penghematan Energi..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.7.1. Heat Rate Loss Analysis Condenser..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.7.2. Biaya Kwh Pemakaian Sendiri ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 2.8. Metode Prediksi Peralatan Berbasis Excel... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.8.1. Dasar Teori Forecasting (Prediksi)..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.8.2. Regresi Linier ..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.8.3. Regresi Linier Berganda..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.8.4. Metode Prediksi Multivariat..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.8.5. Metode ARIMA Multivariat..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.8.6. Neural Networks untuk Prediksi Multivariat..... **Error! Bookmark not defined.**
- 2.9. Fitur Forecast Sheet di Excel..... **Error! Bookmark not defined.**

2.9.1.	Metode Exponential Smoothing .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.9.2.	Single Exponential Smoothing (SES): ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.9.3.	Double Exponential Smoothing (DES): .	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.9.4.	Triple Exponential Smoothing (TES) atau Holt-Winters: .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.10.	Metode Prediksi Peralatan Berbasis Machine Learning.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.10.1.	Metode Random Forest.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.10.2.	Metode Support Vector Machines (SVM).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.10.3.	Metode ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.10.4.	Metode SARIMA (Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.11.	Metode Validasi Model Prediksi.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB III</b>	.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1.	Lokasi Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.	Jadwal Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.	Jenis Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.	Diagram Alur Penelitian dan Kerangka Pikir	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5.	Ruang Lingkup Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6.	Jenis dan Sumber Data .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7.	Teknik Pengumpulan Data .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7.1.	Maintenance Cost (Biaya Pemeliharaan)	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7.2.	Operational Cost (Biaya Operasional)....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7.3.	Consequential Cost.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7.4.	Capital Cost (Harga Beli Unit Kondenser).....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7.5.	Interest Rate Value (Nilai Suku Bunga) .	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7.6.	Inflation Rate Value (Nilai Rate Inflasi)	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

- 3.7.7. Total Cost EAC (Equivalence Annual Cost) :..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.7.8. Identifikasi Penghematan Energi :..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.8. Teknik Analisa dan Perhitungan Data..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.8.1. Teknik Perhitungan Capital Cost..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.8.2. Teknik Perhitungan Consequential Cost **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.8.3. Teknik Perhitungan Corrective Maintenance Cost **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.8.4. Teknik Perhitungan Preventive Maintenance Cost **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.8.5. Teknik Perhitungan Predictive Maintenance Cost **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.8.6. Teknik Perhitungan Overhaul Maintenance Cost.. **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.8.7. Teknik Perhitungan Total Maintenance Cost ..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.8.8. Teknik Perhitungan Salary Cost..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.8.9. Teknik Perhitungan Electricity Cost..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.8.10. Teknik Perhitungan Prediksi Condenser Back Pressure..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.8.11. Teknik Perhitungan Efficiency Cost..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.8.12. Teknik Perhitungan Total Operational Cost ..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.8.13. Teknik Perhitungan EAC (Equivalent Annual Cost)...**Error! Bookmark not defined.**
  - 3.8.14. Teknik Perhitungan dan Analisa Performa Condenser**Error! Bookmark not defined.**

- BAB IV** ..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.1. Analisis Capital Cost ..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.2. Analisis Consequential Cost..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 4.3. Analisis Maintenance Cost..... **Error! Bookmark not defined.**
    - 4.3.1. Analisis CM Equipment Cost (Corrective Maintenance Equipment Cost)

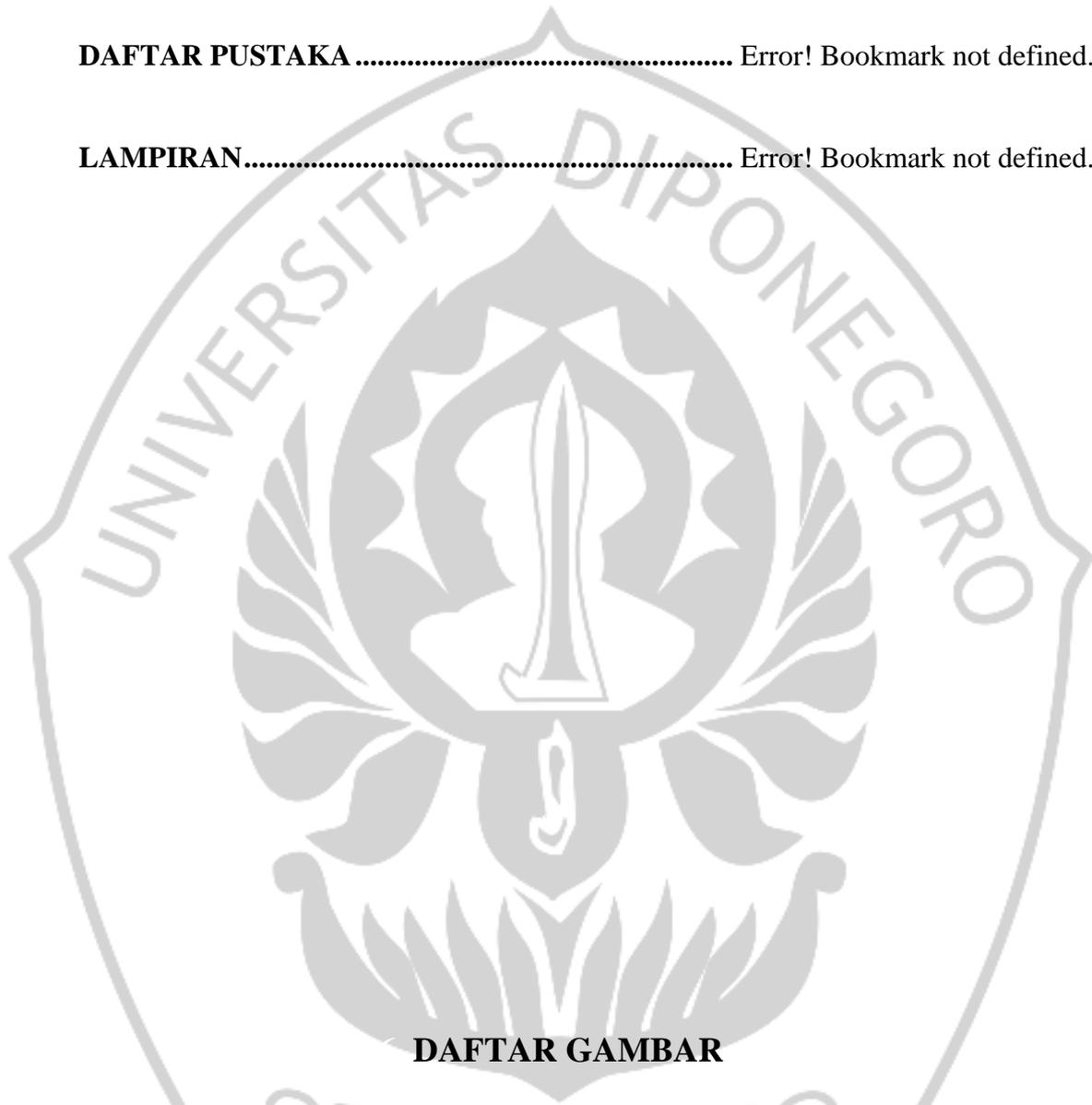
	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.2.	Analisis PM Equipment Cost (Preventive Maintenance Cost)..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.3.	Analisis PdM Equipment Cost (Predictive Maintenance Cost)..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.4.	Analisis OH Equipment Cost (Overhaul Maintenance Cost)..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.5.	Analisis Total Maintenance Cost..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.	Analisis Operational Cost..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.1.	Analisis Salary Cost (Biaya Gaji Pegawai) ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.2.	Analisis Electricity Cost (Biaya Penggunaan Energi Listrik) ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.3.	Analisis Prediksi Condenser Back Pressure ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.4.	Analisis Efficiency Cost (Kerugian Biaya akibat efisiensi Peralatan) <b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4.5.	Analisis Total Operational Cost ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.	Analisis EAC (Equivalent Annual Cost) Condenser Prediction ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6.	Analisis Faktor Penyebab dan rekomendasi untuk memperpanjang umur peralatan kondenser..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6.1.	Analisis dan Perhitungan Performa Condenser Back Pressure ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.7.	Analisis penghematan energi pada Condenser jika Repair dan Replace <b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.7.1.	Analisis Penghematan Energi Opsi Repair Kondenser <b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.7.2.	Analisis Penghematan Energi Opsi Replace Kondenser ..... <b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.8.	Decision Analysis (Analisa Pengambilan Keputusan) <b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB V</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

5.1. Kesimpulan..... **Error! Bookmark not defined.**

5.2. Saran..... **Error! Bookmark not defined.**

**DAFTAR PUSTAKA** ..... Error! Bookmark not defined.

**LAMPIRAN**..... Error! Bookmark not defined.



### **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1 <i>Economic Life Method</i> .....	16
Gambar 2 Equivalent Annual Cost vs Year .....	19
Gambar 3 Repair or Replace based on Total Cost .....	20
Gambar 4 Equivalent Annual Total Cost vs Year .....	20
Gambar 5 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).....	40

Gambar 6 Diagram alir penelitian dan Kerangka Pikir Penelitian .....	41
Gambar 7 Data Operational Vacuum Kondenser .....	42
Gambar 8 Data Maintenance Cost .....	43
Gambar 9 Data Operational dan Consequential Cost .....	44
Gambar 10 Data Capital Cost .....	44
Gambar 11 Alur Langkah perhitungan Heat Rate Loss.....	46
Gambar 12 Grafik Capital Cost tahun 2011 – 2040 .....	56
Gambar 13 Trend Histori dan Prediksi MWh loss tahun 2011 – 2024.....	57
Gambar 14 Trend Data Histori Consequential Cost tahun 2011 – 2040 .....	58
Gambar 15 Trend Data Histori CM Cost vs Intensitas Kegagalan Tahun 2011 – 2023.....	58
Gambar 16. Trend Hasil Prediksi Corrective Maintenance Cost Tahun 2011 – 2040 .....	59
Gambar 17. Trend Data Histori Preventive Maintenance Cost tahun 2011 – 2023 .....	59
Gambar 18. Trend Hasil Prediksi Preventive Maintenance Cost tahun 2011 – 2040 .....	60
Gambar 19. Trend Data Histori Predictive Maintenance Cost tahun 2011 – 2023 .....	60
Gambar 20. Trend Hasil Prediksi Predictive Maintenance Cost tahun 2011 – 2040 .....	61
Gambar 21. Trend Data Histori Overhaul Cost tahun 2011 – 2023 .....	62
Gambar 22. Trend Hasil Prediksi Overhaul Cost tahun 2011 – 2040 .....	62
Gambar 23. Trend Histori dan Prediksi CM, PM, Pdm, OH Cost tahun 2011 – 2023.....	63
Gambar 24. Trend Hasil Prediksi CM, PM, Pdm dan OH Cost tahun 2011 – 2040 .....	64
Gambar 25. Trend Hasil Prediksi Total Maintenance Cost tahun 2011 – 2040 .....	64
Gambar 26. Trend Hasil Prediksi Biaya Pegawai (Salary Cost) tahun 2011 – 2040.....	65
Gambar 27. Trend Histori dan Prediksi Beban dan PS (MW) tahun 2011 – 2040 .....	66
Gambar 28. Trend Hasil Prediksi Electricity Cost Tahun 2011 – 2040 .....	67
Gambar 29. Trend Data Hasil Prediksi Variable X1 (CW Inlet Temperature) .....	67
Gambar 30. Trend Data Hasil Prediksi Variable X2 (CW Flow) .....	68
Gambar 31. Trend Data Hasil Prediksi Variable X3 (Condenser Heat Rejection).....	68
Gambar 32. Trend Data Hasil Prediksi Variable X4 (Condenser Cleanliness) .....	69
Gambar 33. Trend Data Hasil Prediksi Variable X5 (Air Ingress Resistance).....	70
Gambar 34. Trend Hasil Prediksi Condenser Back Pressure tahun 2011 – 2040.....	71

Gambar 35. Trend Total Efficiency Cost tahun 2011 – 2040.....	72
Gambar 36. Trend Harga Batubara tahun 2011 – 2040 .....	73
Gambar 37. Hasil Prediksi Salary, Electricity dan Efficiency Cost tahun 2011 – 2040.....	73
Gambar 38. Trend Hasil Total Operational Cost .....	74
Gambar 39. Grafik EAC Design Condenser tahun 2011 – 2040.....	75
Gambar 40. Grafik (EAC) Condenser Existing tahun 2011 – 2040 .....	76
Gambar 41. Grafik Economic Life Condenser Existing tahun 2011 – 2040.....	76
Gambar 42. Grafik Prosentase Cost terhadap EAC Existing tahun 2011 – 2040 .....	77
Gambar 43. Diagram Heat Rate Logic Tree – Circulating Water System Losses.....	78
Gambar 44. Trend Condenser Back Pressure terhadap CW Inlet Temperature .....	79
Gambar 45. Trend Condenser Back Pressure terhadap Condenser Cleanliness.....	79
Gambar 46. Condenser Back Pressure terhadap Condenser Air Ingress .....	80
Gambar 47. Condenser Back Pressure terhadap Delta Temperatur CW inlet-Outlet.....	81
Gambar 48. Condenser Back Pressure terhadap CW Flow .....	81
Gambar 49. Spesifikasi Teknis Condenser Pembangkit.....	85

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Ringkasan Penelitian terdahulu .....	15
Tabel 1.2 Rangkuman Gap Analisis dan Kebaharuan Penelitian .....	16
Tabel 2.1 Tabel Perubahan heat rate Loss dari EPRI [Palo Alto, 1998] .....	16
Tabel 3.1 Jadwal penelitian .....	16
Tabel 3.2 Nilai Inflasi Periode Januari – September 2023 .....	16
Tabel 3.3 Contoh perhitungan Condenser Heat Rate Loss .....	16

Tabel 3.4 Data Acuan Perhitungan Kerugian Biaya.....	16
Tabel 4.1 Tabel Capital Cost Surface Condenser .....	16
Tabel 4.2 Data Capital Cost, Interest Rate dan Lama waktu Operasi Condenser .....	16
Tabel 4.3 Nilai Capital Cost Condenser tahun 2011 – 2040.....	16
Tabel 4.4 Nilai Consequential Cost tahun 2011 – 2023 .....	16
Tabel 4.5 Data Operating dan Derating Hours dan Mwh Loss tahun 2011 – 2023.....	23
Tabel 4.6 Nilai Hasil Prediksi Mwh Loss tahun 2024 – 2040 .....	25
Tabel 4.7 Nilai Consequential Cost tahun 2011 – 2040 .....	25
Tabel 4.8 Nilai Corrective Maintenance Cost tahun 2011 – 2023.....	26
Tabel 4.9 Nilai Corrective Maintenance Cost Tahun 2011 – 2040 .....	27
Tabel 4.10 Nilai Preventive Maintenance Cost tahun 2011 – 2023 .....	27
Tabel 4.11 Nilai Preventive Maintenance Cost tahun 2011 - 2040 .....	28
Tabel 4.12 Nilai Predictive Maintenance Cost tahun 2011 – 2023 .....	29
Tabel 4.13 Nilai Predictive Maintenance Cost tahun 2011 - 2040 .....	29
Tabel 4.14 Nilai Overhaul Cost tahun 2011 - 2023 .....	30
Tabel 4.15 Nilai Overhaul Cost tahun 2011 - 2040 .....	34
Tabel 4.16 Nilai Total Maintenance Cost tahun 2011 – 2023 .....	38
Tabel 4.17 Nilai Total Maintenance Cost tahun 2011 – 2040 .....	42
Tabel 4.18 Nilai Total Biaya Pegawai (Salary Cost) tahun 2011 – 2023 .....	45
Tabel 4.19 Nilai Total Biaya Pegawai (Salary Cost) tahun 2011 – 2040 .....	45
Tabel 4.20 Nilai Beban (MW) dan PS (MW) Pembangkit tahun 2011 - 2040.....	45
Tabel 4.21 Nilai Electricity Cost Tahun 2011 – 2040 .....	45
Tabel 4.22 Parameter Operasi Condenser sebagai Variable Independen .....	45
Tabel 4.23 Hasil Prediksi Variable X1 (CW Inlet Temperature) .....	45
Tabel 4.24 Hasil Prediksi Variable X2 (CW Flow).....	45
Tabel 4.25 Hasil Prediksi Variable X3 (Condenser Heat Rejection).....	45
Tabel 4.26 Hasil Prediksi Variable X4 (Condenser Cleanliness) .....	45
Tabel 4.27 Hasil Prediksi Variable X5 (Air Ingress Resistance).....	45
Tabel 4.28 Hasil Prediksi Condenser Back Pressure tahun 2011 - 2040.....	45

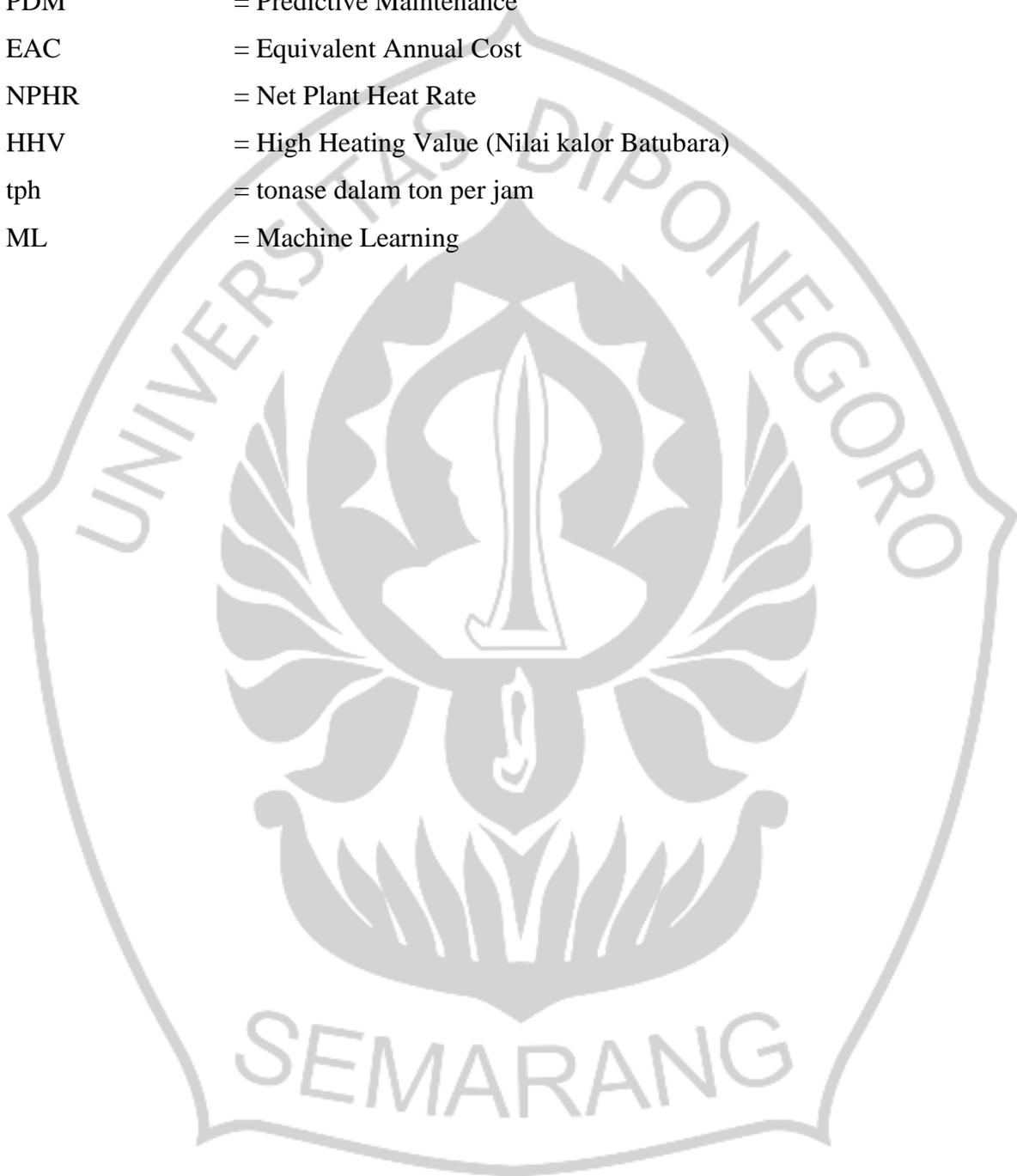
Tabel 4.29 Nilai Total Efficiency Cost tahun 2011 - 2040.....	45
Tabel 4.30 Nilai Total Operational Cost tahun 2011 - 2040.....	45
Tabel 4.31 Equivalent Annual Cost (EAC) Condenser Existing tahun 2011 - 2040.....	45
Tabel 4.32 Tabel Analisis Heat Rate Logic Tree – Circulating Water System Losses .....	45
Tabel 4.33 Data Acuan Perhitungan Kerugian Energi dan Biaya sebelum Repair .....	45
Tabel 4.34 Data Acuan Perhitungan Kerugian Energi dan Biaya setelah Repair.....	45
Tabel 4.35 Data Acuan Perhitungan Kerugian Energi dan Biaya Opsi Replace .....	45

<b>DAFTAR DIAGRAM</b>	
Diagram 1 Diagram Alur Penelitian .....	15



PLTU	= pembangkit listrik tenaga uap
kWH	= konsumsi energi dalam kilowatt per jam
PM	= preventive maintenance

CM	= corrective maintenance kondisi breakdown
OH	= Overhaul
PDM	= Predictive Maintenance
EAC	= Equivalent Annual Cost
NPHR	= Net Plant Heat Rate
HHV	= High Heating Value (Nilai kalor Batubara)
tph	= tonase dalam ton per jam
ML	= Machine Learning





## BAB I

