



**KALKULASI DAN ANALISIS SISA UMUR OPERASI PADA
KOLOM DISTILASI DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN
REMAINING LIFE ASSESSMENT (RLA)**

**TUGAS AKHIR
SKRIPSI**

**UNIVERSITAS
MUHAMMAD RIZBDAN ALFARISI
41322010033**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**



**KALKULASI DAN ANALISIS SISA UMUR OPERASI PADA
KOLOM DISTILASI DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN
REMAINING LIFE ASSESSMENT (RLA)**

**TUGAS AKHIR
SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

MUHAMMAD RIZBDAN ALFARISI

41322010033

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**

HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda-tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rizbdan Al Farisi
NIM : 41322010033
Fakultas/Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir berjudul:

“ Kalkulasi dan Analisis Sisa Umur Operasi Pada Kolom Distilasi Dengan Menggunakan Pendekatan Remaining Life Assessment (RLA) ” adalah hasil karya saya sendiri, tidak ada unsur plagiarisme, pelanggaran hak cipta, atau konten ilegal dalam bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menerima menanggung seluruh konsekuensi hukum dan membebaskan Universitas Mercu Buana dari segala bentuk tuntutan hukum dan saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya

Jakarta, 10 Agustus 2026



Muhammad Rizbdan Al Farisi

HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Jurnal / Karya Ilmiah / Laporan Tugas Akhir pada BAB I, BAB III, BAB IV, dan BAB V / Praktek Keinsinyuran atas nama:

Nama : **Muhammad Rizbdan Al Farisi**
NIM : **41322010033**
Program Studi : **Teknik Mesin**
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : **KALKULASI DAN ANALISIS SISA UMUR OPERASI
PADA KOLOM DISTILASI DENGAN
MENGUNAKAN PENDEKATAN REMAINING
LIFE ASSESSMENT (RLA)**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Kamis, 20 Agustus 2026** dengan hasil presentase sebesar **6 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 20 Agustus 2026

Administrator Turnitin,



Itmam Haidi Syarif

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Rizbdan Al Farisi
NIM : 41322010033
Fakultas/Program Studi : Teknik / Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Kalkulasi dan Analisis Sisa Umur Operasi Pada Kolom Distilasi Dengan Menggunakan Pendekatan Remaining Life Assessment (RLA)

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 10 Agustus 2026 dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan Oleh:

Pembimbing



Sagir Alva, S.Si., M.Sc., Ph.D
NIDN/NUPTK: 0313037707

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 18 Agustus 2026

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T
NIDN/NUPTK: 0307037202

Ketua Program Studi
Teknik Mesin



Dr. Eng. Imam Hidayah, S.T, M.T
NIDN/NUPTK: 0005087502

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Saya sangat menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari awal masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, hampir tidak mungkin bagi saya untuk bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

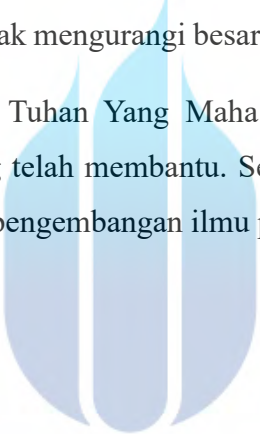
1. Prof. Dr. Andi Ardiansyah, M.Eng selaku Rektor Universitas Mercu Buana
2. Dr. Ir. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana
3. Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana
4. Andarany Kartika Sari, S.T., M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana, sekaligus menjadi figure kakak yang selalu memberikan motivasi dan bimbingan bagi saya
5. Sagir Alva, S.Si., M.Sc., Ph.D, selaku dosen pembimbing sekaligus figur ayah bagi saya selama di Universitas yang telah banyak memberikan bimbingan, ilmu dan motivasi yang tidak terhitung jumlahnya untuk saya selama masa perkuliahan saya hingga saya mampu menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini
6. Seluruh dosen dan staf akademisi Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana
7. Ibu dan Ayah tercinta, serta kakak dan adik, yang selalu memberikan dukungan, motivasi, serta doa yang tidak pernah putusya dan selalu menyertai setiap langkah saya sampai kapanpun

8. Teruntuk *Na Miel*, seseorang yang spesial bagi penulis, yang senantiasa menemani dan memberikan motivasi serta doa kepada penulis di setiap proses yang telah penulis lalui selama penyusunan Tugas Akhir ini
9. Sahabat saya Marcel, Mita, Marvin, Dwi, Iqbal, Zhella, dan Daryl yang selalu ada untuk saya dalam masa senang dan sulit saya dari masa SMP hingga saat penyusunan Tugas Akhir ini
10. Teman-teman mahasiswa Program Studi Teknik Mesin angkatan 2022, yang senantiasa memberikan bantuan, kerja sama, dan motivasi selama perkuliahan dan penyusunan Tugas Akhir ini
11. Seluruh pihak yang turut membantu secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu sebagai bentuk keterbatasan saya namun tetap tidak mengurangi besar rasa terima kasih dan hormat saya

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pembaca dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Jakarta, 10 Agustus 2026

Penulis



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR DIREPOSITORI UMB**

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Rizbdan Al Farisi
NIM : 41322010033
Fakultas/Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Kalkulasi dan Analisis Sisa Umur Operasi Pada Kolom Distilasi Dengan Menggunakan Pendekatan Remaining Life Assessment (RLA)

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 10 Agustus 2026

Yang Menyatakan,



Muhammad Rizbdan Al Farisi

**KALKULASI DAN ANALISIS SISA UMUR OPERASI PADA
KOLOM DISTILASI DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN
REMAINING LIFE ASSESSMENT (RLA)**

MUHAMMAD RIZBDAN AL FARISI

ABSTRAK

Peralatan proses pada industri minyak dan gas, khususnya distillation column pada unit Crude Distillation Unit (CDU), beroperasi dalam kondisi temperatur dan tekanan tinggi yang berpotensi menyebabkan degradasi material akibat korosi. Degradasi ini ditandai dengan penurunan ketebalan material yang dapat menurunkan kekuatan struktur serta meningkatkan risiko kegagalan peralatan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung dan menganalisis sisa umur operasi pada distillation column C-201-01 menggunakan pendekatan Remaining Life Assessment (RLA), serta menganalisis penyebab variasi laju degradasi antar shell. Data penelitian diperoleh melalui metode Non-Destructive Testing berupa visual testing dan Ultrasonic Thickness Testing (UTT), serta pengujian komposisi air hujan dan fraksi crude oil di laboratorium PT Kilang Pertamina Internasional Refinery Unit V. Analisis dilakukan dengan menghitung laju korosi, menentukan ketebalan minimum berdasarkan standar ASME BPVC Section VIII Division 1 ketentuan UG-27 dan UG-28, kemudian menghitung sisa umur operasi tiap shell. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketebalan minimum yang dipersyaratkan adalah 8,84 mm berdasarkan UG-27 dan 10,20 mm berdasarkan UG-28. Shell 1-01 berada dalam kondisi paling kritis dengan laju korosi 0,258 mm/tahun dan sisa umur operasi governing hanya 1,47 tahun, sedangkan Shell 1-02, 1-03, dan 1-04 masih dalam kondisi aman dengan sisa umur masing-masing 50,2 tahun, 22,8 tahun, dan 35,1 tahun. Pola laju korosi antar shell bersifat non-monotonis terhadap temperatur, yang dijelaskan melalui tiga kategori mekanisme korosi berbeda: korosi elektrokimia basah pada Shell 1, zona transisi minimum korosi pada Shell 2, serta korosi naphthenic acid dengan intensitas yang dikendalikan oleh keseimbangan kandungan sulfur pada Shell 3 dan 4. Shell 1 mengalami degradasi paling tinggi akibat kombinasi faktor eksternal berupa paparan hujan asam dan aerosol klorida pesisir, serta faktor internal berupa mekanisme korosi yang paling agresif di zona kondensasi overhead.

Kata Kunci: *Remaining Life Assessment (RLA), Kolom Distilasi, Crude Distillation Unit (CDU), Laju Korosi, Ultrasonic Thickness Testing (UTT)*

**CALCULATION AND ANALYSIS OF REMAINING OPERATING LIFE
OF DISTILLATION COLOUMN USING THE REMAINING LIFE
ASSESSMENT (RLA) APPROACH**

MUHAMMAD RIZBDAN AL FARISI

ABSTRACT

Process equipment in the oil and gas industry, particularly distillation columns in Crude Distillation Units (CDUs), operates under high temperature and pressure conditions that can cause material degradation due to corrosion. This degradation is characterized by material thinning which reduces structural strength and increases the risk of equipment failure. This study aims to calculate and analyze the remaining operating life of distillation column C-201-01 using the Remaining Life Assessment (RLA) approach, as well as to analyze the causes of degradation rate variation among shells. Research data were obtained through Non-Destructive Testing methods including visual testing and Ultrasonic Thickness Testing (UTT), as well as laboratory analysis of acid rain composition and crude oil fractions at PT Kilang Pertamina Internasional Refinery Unit V. Analysis was conducted by calculating corrosion rates, determining minimum required thickness based on ASME BPVC Section VIII Division 1 provisions UG-27 and UG-28, and computing remaining life for each shell. Results indicate that the minimum required thickness is 8.84 mm based on UG-27 and 10.20 mm based on UG-28. Shell 1-01 is in the most critical condition with a corrosion rate of 0.258 mm/year and a governing remaining life of only 1.47 years, while Shells 1-02, 1-03, and 1-04 remain safe with remaining lives of 50.2, 22.8, and 35.1 years respectively. The corrosion rate pattern across shells is non-monotonic with respect to operating temperature, explained through three distinct corrosion mechanisms: wet electrochemical corrosion at Shell 1, a minimum corrosion transition zone at Shell 2, and naphthenic acid corrosion with intensity governed by sulfur content balance at Shells 3 and 4. Shell 1 experiences the highest degradation due to a combination of external factors including acid rain exposure and coastal chloride aerosols, and internal factors involving the most aggressive corrosion mechanisms in the overhead condensation zone.

Keywords: *Remaining Life Assessment (RLA), Distillation Column, Crude Distillation Unit (CDU), Corrosion Rate, Ultrasonic Thickness Testing (UTT)*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	0
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI	ii
HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL <i>SIMILARITY</i>	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DIREPOSITORI UMB	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SINGKATAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Crude Oil	9
2.3 Distilasi Bertingkat	11
2.4 Crude Distillation Unit	12
2.5 Distillation Column	13
2.6 Korosi	15
2.6.1 Korosi Seragam (<i>Uniform Corrosion</i>).....	17
2.6.2 Korosi Sumuran (<i>Pitting Corrosion</i>).....	17
2.6.3 Korosi Erosi (<i>Erosion Corrosion</i>)	18

2.6.4 Korosi Sulfidasi (<i>Sulfidation Corroton</i>).....	19
2.6.5 Korosi Akibat Asam (<i>Naphthenic Acid Corrosion</i>).....	20
2.6.6 <i>Corrosion Under Insulation</i>	21
2.6.7 Korosi Celah.....	22
2.7 Hujan Asam	24
2.8 Remaining Life Assessment	25
2.8.1 Laju Korosi	25
2.8.2 <i>Remaining Life</i>	27
2.8.3 Ketebalan Minimum ($t_{\min \text{ req}}$) Berdasarkan Tekanan Internal (UG-27) 27	
2.8.4 Ketebalan Minimum ($t_{\min \text{ req}}$) Berdasarkan Tekanan Eksternal (UG-28)..	
.....	28
2.8.5 Faktor A dan B.....	29
2.8.6 Tegangan Ijin Material (S).....	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Diagram Alir	35
3.2 Studi Literatur	37
3.3 Alat dan Bahan	37
3.3.1 Alat Penelitian	37
3.3.2 Bahan Penelitian	38
3.4 Metode Pengumpulan Data.....	40
3.4.1 Visual Testing	41
3.4.2 <i>Ultrasonic Thickness Testing</i> (UTT)	42
3.4.3 Pengujian Komposisi Kimia Air Hujan	44
3.4.4 Pengujian Komposisi Spesies Fluida Proses per Zona Shell.....	45
3.5 Metode Analisis Data.....	46
3.5.1 Analisis Laju Korosi dan Sisa Umur Operasi.....	46
3.5.2 Analisis Variasi Laju Degradasi Berdasarkan Faktor Internal.....	47
3.5.3 Analisis Variasi Laju Degradasi Berdasarkan Faktor Eksternal	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	51
4.1 Hasil Inspeksi Visual	51
4.1.1 Korelasi Posisi Ketinggian Shell dengan Paparan Lingkungan	54
4.1.2 Analisis Kandungan Air Hujan di Area Sekitar Unit C-201-01	55

4.2 Hasil Pengukuran <i>Ultrasonic Thickness Testing</i> (UTT)	59
4.3 Kalkulasi dan Analisis <i>Remaining Life Assessment</i>	62
4.3.1 Perhitungan $t_{min\ req}$ Berdasarkan Tekanan Internal (UG-27) <i>ASME BPVC</i> <i>Sec. VII Div. 1</i>	63
4.3.2 Perhitungan $t_{min\ req}$ Berdasarkan Tekanan Eksternal (UG-28) <i>ASME</i> <i>BPVC Sec. VII Div. 1</i>	64
4.3.3 <i>Remaining Life Assessment</i> Pada Shell 1-01	66
4.3.4 <i>Remaining Life Assessment</i> Pada Shell 1-02	68
4.3.5 <i>Remaining Life Assessment</i> Pada Shell 1-03	70
4.3.6 <i>Remaining Life Assessment</i> Pada Shell 1-04	73
4.4 Analisis Hasil Perhitungan <i>Remaining Life Assessment</i>	76
4.4.1 Pengaruh Temperatur dan Tekanan Operasi terhadap Laju Korosi	77
4.4.2 Pengaruh Komposisi Fluida Proses terhadap Laju Korosi	84
BAB V SARAN DAN KESIMPULAN	93
5.1 Kesimpulan	93
5.2 Saran	94
DAFTAR PUSTAKA	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur kimia dari crude oil.....	10
Gambar 2.2 Unit Distilasi Minyak Mentah dan Operasi Unit Terkait	11
Gambar 2.3 Model plant distilasi minyak mentah	13
Gambar 2.4 Diagram Kolom Distilasi	14
Gambar 2.5 Bagian Korosi Naftanela di Unit Kilang	15
Gambar 2.6 Mekanisme korosi pada besi.	16
Gambar 2.7 Korosi Seragam	17
Gambar 2.8 Korosi Sumuran pada Elemen Baja	18
Gambar 2.9 Mekanisme Korosi Erosi pada Metal	19
Gambar 2.10 Korosi Sulfidasi pada Baling - Baling Turbin.....	20
Gambar 2.11 Korosi Akibat Asam pada Kilang Minyak Mentah	21
Gambar 2.12 Korosi Dibawah Insulasi	22
Gambar 2.13 Skematik Mekanisme Korosi Celah	23
Gambar 2.14 Diagram Proses Pembentukan dan Pengendapan di Atmosfer	24
Gambar 2.15 Chart Geometri Faktor A.....	30
Gambar 2.16 Chart Geometri Faktor B.....	31
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengumpulan Data Penelitian	35
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengolahan dan Analisis Data Penelitian.....	36
Gambar 3.3 Diagram skematik metode pengujian ultrasonik untuk pengukuran ketebalan dinding pipa	38
Gambar 3.4 Visualisasi CDU C-201-01 di Lapangan	39
Gambar 3.5 Kondisi Shell 1-01 Menunjukkan Indikasi Kerusakan	42
Gambar 3.6 Kondisi Shell 1-03 tidak ada indikasi kerusakan	42
Gambar 4.1 Visual Jarak Dekat di Area Korosi pada Shell 1	51
Gambar 4.2 Shell 2 Mulai Mengalami Perubahan Warna.....	52
Gambar 4.3 Visual Shell 3 Dalam Keadaan Baik	53
Gambar 4.4 posisi shell 1 yang berada di puncak CDU C-201-01	54
Gambar 4.5 Laju Korosi per Shell	75
Gambar 4. 6 Sisa Umur Operasional per Shell	76
Gambar 4.7 Distribusi Spesies Korosif per Shell.....	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
Tabel 2.2 Daftar Material dan Acuan Tabel Nilai Tegangan Ijin	33
Tabel 2.3 Nilai Tegangan Ijin.....	34
Tabel 3.1 Data Desain Equipment.....	40
Tabel 3.2 Data Material SA-516 Gr. 60	40
Tabel 3.3 Hasil Pengukuran Ketebalan Aktual Menggunakan UTT	43
Tabel 3.4 Hubungan Faktor Internal per Zona Shell.....	49
Tabel 4.1 Hasil Visual Testing Komponen Shell.....	53
Tabel 4.2 hasil pengujian komposisi air hujan di area unit C-201-01.....	56
Tabel 4.3 hasil pengukuran UTT pada komponen shell unit C-201-01	59
Tabel 4.4 hasil UTT spesifik pada shell 1 hingga 4	62
Tabel 4.5 Rekapitulasi Keseluruhan Hasil Remaining Life Assessment	76
Tabel 4.6 Korelasi Temperatur, Tekanan, dan Komposisi Fraksi dengan Laju Korosi	77
Tabel 4.7 Kategori Mekanisme Korosi dan Karakteristik per Zona Shell	84
Tabel 4.8 Komposisi Spesies Korosif Fluida Proses per Zona Shell	85
Tabel 4.9 Matriks Korelasi Komposisi Fluida dengan CR Aktual.....	91

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
CDU	Crude Distillation Unit
RLA	Remaining Life Assessment
CR	Corrosion Rate
ASME	American Society Mechanical Engineer
BPVC	Boiler Pressure Vessel Code
FFS	Fitness For Service
NAC	Naphthenic Acid
TAN	Total Acid Number
CUI	Corrosion Under Insulation
BS&W	Basic Sediment & Water
NDT	Non-Destructive Test

