

**ANALISIS KINERJA *CYCLE GAS COOLER* E 4602 TIPE *SHELL AND TUBE*  
PADA PABRIK PETROKIMIA DI BANTEN**



WILDAN IMAM AL GHOZIE  
NIM: 41319110070

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2023

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS KINERJA *CYCLE GAS COOLER* E 4602 TIPE *SHELL AND TUBE*  
PADA PABRIK PETROKIMIA DI BANTEN



Disusun oleh:

Nama : Wildan Imam Al Ghozie  
NIM : 41319110070  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
JUNI 2023

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS KINERJA *CYCLE GAS COOLER* E 4602 TIPE *SHELL AND TUBE*  
PADA PABRIK PETROKIMIA DI BANTEN**

Disusun oleh:


Nama : Wildan Imam Al Ghozie  
NIM : 41319110070  
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal 21 Juni 2023

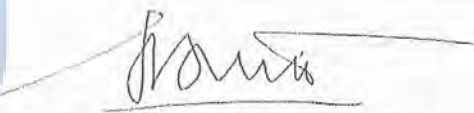
Telah dipertahankan di depan penguji,

Pembimbing TA

Penguji Sidang I



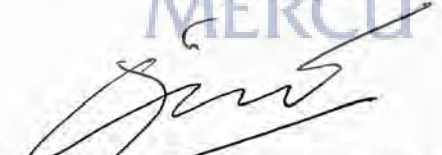
(Andi Firdaus Sudarma, ST., M.Eng)  
NIK/NIP. 119810645



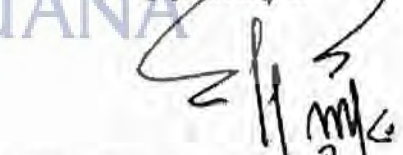
(Dr. Abdul Hamid, B.Eng., M.Eng)  
NIK/NIP. 616460096

Penguji Sidang II

Penguji Sidang III



(Gian Villany Golwa, ST., M.Si)  
NIK/NIP. 1975801149




(Rikko Putra Youlia, ST., M.Eng)  
NIK/NIP. 120930671


Mengetahui,

Kaprodi Teknik Mesin

Koordinator TA



(Dr. Eng. Imam Hidayat, ST., M.T)  
NIK/NIP. 112750348



(Gilang Awan Yudhistira, ST., M.T)  
NIK/NIP. 221900211

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Wildan Imam Al Ghozie

NIM : 41319110070

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Kerja Praktik : Analisis Kinerja *Cycle Gas Cooler* E 4602 Tipe *Shell and Tube*  
Pada Pabrik Petrokimia Di Banten

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Jakarta, 21 Juni 2023

UNIVERSITA  
MERCU BUANA



Wildan Imam Al Ghozie

## PENGHARGAAN

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, serta tak lupa sholawat dan salam saya ucapkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, serta para sahabatnya. Berkat rahmat dan karunia Allah SWT sehingga, penulis buku ini dapat menyelesaikan seluruh pengerjaan tugas akhir. Penyusunan laporan Tugas Akhir merupakan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan seluruh rangkaian kegiatan Tugas Akhir dan sebagai salah satu syarat untuk menempuh ujian jenjang Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Banyak dorongan dan bantuan yang penulis dapatkan selama Penyusunan Tugas Akhir ini sehingga terselesaikannya dengan beberapa kekurangan dan kelebihan. Pada kesempatan kali ini pekenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

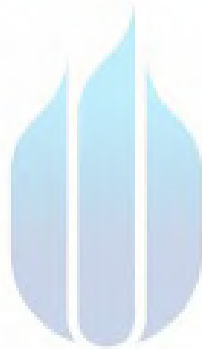
1. Prof.Dr. Andi Adriansyah, M.Eng selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr. Zulfa Fitri Iktrinasari, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Dr.Eng. Imam Hidayat, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana yang telah memberikan motivasi kepada setiap mahasiswa Teknik Mesin.
4. Gilang Awan Yudhistira, ST., M.T, selaku koordinator tugas akhir yang memfasilitasi teknis pelaksanaan tugas akhir sehingga dapat diselesaikannya laporan tugas akhir ini
5. Andi Firdaus Sudarma, ST, M.Eng, sebagai dosen pembimbing yang telah dengan sabar dan telaten memberi bimbingan serta ilmu-ilmu yang bermanfaat sehingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
6. Mas Fuad M. selaku *engineer Mechanical Maintenance* yang banyak memberikan banyak bimbingan, masukan dan memberikan banyak kesempatan untuk berdiskusi.
7. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan dukungan moral kepada penulis selama berkuliah dan mengerjakan laporan tugas akhir ini.
8. Teman – teman teknik mesin Universitas Mercu Buana yang selalu memberikan semangat hingga terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini.

9. Teman satu bimbingan yang memberikan dukungan, memberikan ruang untuk berdiskusi dan juga masukan.

Jakarta, 21 Juni 2023



Wildan Imam Al Ghozie



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## ABSTRAK

*Cycle gas cooler* E 4602 pada pabrik petrokimia memiliki peranan penting dalam menjaga temperatur reaktor saat reaksi polimerisasi. Fluida *cycle gas* dari reaktor ini diketahui membawa *finest* masuk ke *cooler tube*. Dengan belum diketahuinya analisis kinerja aktual dari *cycle gas cooler* E 4602 berhubung dengan adanya *finest* yang masuk ke dalam *cooler (tube)* yang mana akan membuat *fouling* pada *cooler* kemudian maka pada penelitian ini dilakukan analisis kinerja *cycle gas cooler* E 4602 . Penelitian kinerja *cycle gas cooler* dilakukan secara analitik dengan menggunakan metode perhitungan *logarithmic mean temperature difference* (LMTD) dan *the number of transfer units* (NTU). Dari hasil analisis didapatkan terjadi penurunan laju perpindahan panas secara keseluruhan dari 14742298.57 J/s menjadi 11944827.04 J/s. Penurunan Laju perpindahan panas ( $q$ ) ini ikut berpengaruh terhadap penurunan nilai dari koefisien perpindahan panas keseluruhan ( $U$ ) dari 1094.35 W/m<sup>2</sup>.K menjadi 949.83 W/m<sup>2</sup>.K pada akhir periode. Penurunan koefisien perpindahan panas keseluruhan ( $U$ ) menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan *fouling* dari 0.0009094 m<sup>2</sup>.K/W menjadi 0.001047 m<sup>2</sup>.K/W pada akhir periode analisis. *Effectiveness* pada *cooler* ini juga terjadi penurunan dari 51.93% menjadi 48.09% pada akhir periode analisis. Adapun periode optimal untuk dilakukan proses *cleaning* direncanakan pada bulan kelima puluh 2 pada bulan April 2026 dengan nilai  $R_f$  sudah mencapai 0.0024768 m<sup>2</sup>.K/W.

**Kata Kunci:** *cycle gas, cooler, fouling, LMTD, NTU*





**PERFORMANCE ANALYSIS OF CYCLE GAS COOLER E 4602 SHELL AND TUBE TYPE AT A PETROCHEMICAL PLANT IN BANTEN**

**ABSTRACT**

Cycle gas cooler E 4602 in a petrochemical plant has an important role in maintaining the temperature of the reactor during the polymerization reaction. Fluid cycle gas from this reactor is known to carry fines into the cooler tube. The actual performance analysis of the cycle gas cooler E 4602 is unknown due to the presence of fines that enter the cooler (tube) which will cause fouling in the cooler later. Therefore, in this study, the performance analysis of cycle gas cooler E 4602 was carried out. Research on cycle gas cooler performance was carried out analytically using the logarithmic mean temperature difference (LMTD) and the number of transfer units (NTU) calculation methods. From the analysis results, it was found that there was a decrease in the overall heat transfer rate from 14742298.57 J/s to 11944827.04 J/s. This decrease in the heat transfer rate ( $q$ ) also affected the decrease in the value of the overall heat transfer coefficient ( $U$ ) from 1094.35 W/m<sup>2</sup>.K to 949.83 W/m<sup>2</sup>.K at the end of the period. The decrease in the overall heat transfer coefficient ( $U$ ) indicates that there has been an increase in fouling from 0.0009094 m<sup>2</sup>.K/W to 0.001047 m<sup>2</sup>.K/W at the end of the analysis period. The effectiveness of this cooler also decreased from 51.93% to 48.09% at the end of the analysis period. The optimal period for the cleaning process is planned for the fifty-second month in April 2026 with an  $R_f$  value of 0.0024768 m<sup>2</sup>.K/W.

**Keywords:** cycle gas, cooler, fouling, LMTD, NTU

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>ii</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>v</b>
<b><i>ABSTRACT</i></b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. TUJUAN	3
1.4. MANFAAT	4
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>6</b>
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	6
2.2. <i>CYCLE GAS SYSTEM</i>	9
2.2.1 <i>Cycle Gas Cooler E4602</i>	10
2.3. PERPINDAHAN PANAS	11
2.3.1. Konduksi	11
2.3.2. Konveksi	12
2.3.3. Radiasi	12
2.4. ALAT PENUKAR KALOR	12

2.4.1 Jenis - Jenis Alat Penukar Kalor	13
2.4.2 Jenis Arah Aliran Fluida Pada Alat Penukar Kalor	14
2.5. PERHITUNGAN KINERJA PADA ALAT PENUKAR KALOR	16
2.5.1 <i>Log Mean Temperature Difference</i> (LMTD)	17
2.5.2 Koefisien Konveksi Pada Bagian <i>Shell</i> dan <i>Tube</i>	18
2.5.3 <i>Fouling Factor</i>	22
2.5.4 Efektifitas	22
<b>BAB III METODOLOGI</b>	<b>25</b>
3.1. DIAGRAM ALIR	25
3.1.1 Diagram Alir Penelitian	25
3.1.2 Diagram Pengambilan Data	27
3.1.3 Diagram Alir Pengolahan	34
3.2. ALAT DAN BAHAN	61
3.2.1 Alat	61
3.2.2 Bahan	61
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>63</b>
4.1. HASIL PERHITUNGAN	63
4.2. PEMBAHASAN	67
4.2.1 Analisis Kinerja <i>Cycle Gas Cooler</i> E 4602	67
4.2.2 Laju Pertumbuhan <i>Fouling Factor</i>	72
<b>BAB V PENUTUP</b>	<b>75</b>
5.1. KESIMPULAN	75
5.2. SARAN	76
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>77</b>

<b>LAMPIRAN</b>	<b>78</b>
LAMPIRAN 1. <i>PROPERTIES</i> FLUIDA DI WEBSITE ETHERMO	79
LAMPIRAN 2. DATA DESAIN DAN <i>DRAWING</i> CG COOLER E-4602	80
LAMPIRAN 3. FOTO <i>CYCLE GAS COOLER EXISTING</i>	81



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Sistem Reaksi Pada Reaktor <i>Polypropylene</i>	1
Gambar 1.2. <i>Fluidized Bed Reactor</i>	2
Gambar 2.1. <i>Process Flow Diagram Cycle Gas System</i>	10
Gambar 2.2. <i>Cycle Gas Cooler E 4602</i>	11
Gambar 2. 3 <i>Shell And Tube</i>	13
Gambar 2.4. <i>Plate Heat Exchanger</i>	14
Gambar 2.5. <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>	14
Gambar 2.6. <i>Counter Current Flow</i>	15
Gambar 2.7. <i>Parallel Flow</i>	15
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 3.2. Diagram Alir Pengambilan Data	27
Gambar 3. 3. Diagram Alir Pengolahan Data	35
Gambar 3.4. Skema <i>Heat Exchanger</i> Untuk Aliran <i>Counterflow</i>	40
Gambar 3.5. Skema <i>Heat Exchanger</i> Untuk Aliran <i>Counterflow</i>	53
Gambar 3.6. <i>Trendline Rf</i>	60
Gambar 3.7. Penarikan Data Operasional Dari PI <i>Processbook</i>	61
Gambar 3.8. Aliran Fluida Kerja Pada <i>Shell And Tube Heat Exchanger</i>	61
Gambar 4.1. Laju Perpindahan Panas ( $q$ )	67
Gambar 4.2. Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan ( $U$ )	68
Gambar 4.3. <i>Fouling Factor</i> ( $R_f$ )	70
Gambar 4.4. <i>Effectiveness</i>	71
Gambar 4.5. Perencanaan Periode <i>Cleaning Cycle Gas Cooler</i>	74

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	6
Tabel 3.1. Data Desain <i>Cycle Gas Cooler</i> E 4602	28
Tabel 3. 2. Data Operasi Fluida Kerja <i>Cycle Gas Cooler</i> E 4602	29
Tabel 3.3. Temperatur Target Reaktor	31
Tabel 3.4. <i>Properties Cooling Water</i>	32
Tabel 3. 5. <i>Properties Cycle Gas</i>	33
Tabel 3.6. Data Operasi Fluida Panas Pada Sisi <i>Tube</i>	36
Tabel 3.7. <i>Properties Cycle Gas</i> Pada Bulan Januari 2020	36
Tabel 3.8. Data Operasi <i>Cooling Water</i> Pada <i>Sisi Shell</i>	38
Tabel 3. 9 <i>Propeties Cooling Water</i> Pada Bulan Januari 2020	39
Tabel 3.10. Temperatur Masuk Dan Keluar Fluida Kerja <i>Cycle Gas Cooler</i>	40
Tabel 3.11. Data Desain <i>Tube CG Cooler</i> E-4602	41
Tabel 3.12. Data Desain <i>CG Cooler</i> E-4602	42
Tabel 3.13. Data Operasi Fluida Panas Pada Reaktor	49
Tabel 3.14. <i>Properties Cycle Gas</i> Pada Bulan Januari 2020	50
Tabel 3.15. Data Desain Operasi <i>Cooling Water</i> Pada <i>Sisi Shell</i>	51
Tabel 3.16. <i>Properties Cooling Water</i> Pada Bulan Januari 2020	52
Tabel 3. 17. Temperatur Masuk Dan Keluar Fluida Kerja <i>Cycle Gas Cooler</i>	53
Tabel 3. 18 Data Desain <i>Tube CG Cooler</i> E-4602	54
Tabel 3.19. Data Desain <i>CG Cooler</i> E-4602	54
Tabel 3.20. Nilai $R_f$ Analisis	59
Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Kinerja <i>Cycle Gas Cooler</i> E 4602	63
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Kinerja <i>Cycle Gas Cooler</i> E 4602 (Lanjutan)	64
Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Kinerja <i>Cycle Gas Cooler</i> E 4602 (Lanjutan)	66
Tabel 4.4. <i>Forecasting Fouling Factor</i> ( $R_f$ )	72

## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Unit
$Q_{act}$	Perpindahan panas aktual	[W]
$Q_{max}$	Perpindahan panas maksimal	[W]
$A$	Luas bidang perpindahan panas	[m <sup>2</sup> ]
$n$	jumlah <i>tube</i>	[ea]
$d$	diameter <i>tube</i>	[m]
$l$	panjang <i>tube</i>	[m]
$q$	Laju perpindahan panas	[kJ/s]
$k$	Konduktivitas termal	[W/m.°C]
$h$	Koefisien perpindahan panas konveksi	[W/m <sup>2</sup> .°C]
$Q$	Laju perpindahan panas	[kJ/s]
$K$	Konduktivitas termal	[W/m.°C]
$H$	Koefisien perpindahan panas konveksi	[W/m <sup>2</sup> .°C]
$R$	Tahanan panas	[k/W]
$D$	Diameter pipa	[m]
$Q$	Besar panas yang dilepas	[W]
$U$	Koefisien perpindahan panas menyeluruh	[W/m <sup>2</sup> .°C]
$R$	Tahanan panas	[k/W]
$\Delta T_{LMTD}$	Selisih temperatur rata-rata	[°C]
$C_{min}$	Kapasitas fluida minimum	[W/°C]
$C_{max}$	Kapasitas fluida maksimum	[W/°C]

## DAFTAR SINGKATAN

<b>Singkatan</b>	<b>Keterangan</b>
CG	<i>Cycle gas</i>
CW	<i>Cycle water</i>
CWS	<i>Cycle water System</i>
CWR	<i>Cycle water Return</i>
<i>R<sub>f</sub></i>	<i>Fouling factor</i>
<i>LMTD</i>	<i>Log Mean Temperature Difference</i>
<i>NTU</i>	<i>Number of Transfer Unit</i>

