

**ANALISIS PERFORMA EFEKTIVITAS KERJA *HEAT EXCHANGER HYDRAULIC SYSTEM* SAAT TEMPERATUR NORMAL DAN TINGGI PADA LINE PRODUKSI *SHEARING LINE 1* PT KRAKATAU STEEL DENGAN METODE LMTD DAN NTU**



DEWANGGA BAGASKARA

NIM : 41318120034

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MERCU BUANA**

**JAKARTA 2020**

## LAPORAN TUGAS AKHIR

### **ANALISIS PERFORMA EFEKTIVITAS KERJA *HEAT EXCHANGER HYDRAULIC SYSTEM* SAAT TEMPERATUR NORMAL DAN TINGGI PADA LINE PRODUKSI *SHEARING LINE 1* PT KRAKATAU STEEL DENGAN METODE LMTD DAN NTU**



Nama : Dewangga Bagaskara

Nim : 41318120034

Program Studi : Teknik Mesin

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

**MEI 2020**

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PERFORMA EFEKTIVITAS KERJA *HEAT EXCHANGER HYDRAULIC SYSTEM* SAAT TEMPERATUR NORMAL DAN TINGGI PADA LINE PRODUKSI *SHEARING LINE 1* PT KRAKATAU STEEL DENGAN METODE LMTD DAN NTU



Disusun Oleh:

Nama : Dewangga Bagaskara

NIM : 41318120034

Program Studi : Teknik Mesin

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing

Pada tanggal: 11 Agustus 2020

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Ir. Dadang Suhendra Permana, M.SI

Koordinator Tugas Akhir

Alief Avicenna Luthfie S.T., M:Eng

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dewangga Bagaskara

Nim : 41318120034

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Analisis Efektivitas Kerja *Heat Exchanger Hydraulic System* Saat Temperatur Normal dan Tinggi Pada Line Produksi *Shearing Line 1 PT. Krakatau Steel* Dengan Metode LMTD dan NTU.

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya saya 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

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 12 Mei  
2020



Dewangga  
Bagaskara

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal Tugas Akhir yang berjudul “*Analisis Efektivitas Kerja Heat Exchanger Hydraulic System Saat Temperatur Normal dan Tinggi Pada Line Produksi Shearing Line 1 PT. Krakatau Steel Dengan Metode LMTD dan NTU*”.

Penyusunan proposal Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua dan segenap keluarga yang senantiasa memberi semangat, dan do'a dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. Dadang Suhendra Permana, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Bapak Alief Avicenna Luthfie, S.T., M.Eng, selaku Sekertaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Dr. Nanang Ruhyat, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
5. Rekan rekan mekanik *Shearing Line* dan *HSPM* dinas MS HSM yang telah membantu penulis dalam pengambilan data
6. Seluruh teman-teman Teknik Mesin Universitas Mercu Buana yang telah memberikan motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dan berharap semoga laporan ini bermanfaat dan berguna bagi pembaca, terima kasih.

Wassalamualaikum Warohmatullahi Wabarokatuh.

Jakarta, Mei 2020

PENULIS

## ABSTRAK

*System hydraulic shearing line* memiliki *heat exchanger* yang berfungsi untuk menurunkan temperatur *oil hydraulic* akibat proses pemakaian *system*. Ditemukan kebocoran dari aktuator dan *valve hydraulic* akibat temperatur *oil hydraulic* panas serta dapat menyebabkan *system overheat* dan mengakibatkan *system hydraulic* mati. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan teoritis efektivitas *heat exchanger* menggunakan metode LMTD (*logarithmic Mean Temperature Difference*) dan NTU (*Number of Transfer Units*) berdasarkan data temperatur normal pada tanggal 27-31 Oktober 2019 yang mengacu pada histori perawatan berkala *heat exchanger* dan data temperatur tinggi mengacu pada data delay mekanik 2-6 Maret 2020. Kemudian data temperatur normal dan temperatur tinggi disimulasikan pada *software solidworks flow simulation* untuk mengetahui distribusi temperatur dan mendapat nilai defiasi temperatur antara perhitungan teoritis dan setelah simulasi. Didapatkan nilai perhitungan teoritis efektivitas kondisi temperatur normal sebesar 46,64% mengalami penurunan sebesar 14,99% pada kondisi temperatur tinggi. Serta didapatkan nilai defiasi pada simulasi *solidworks flow simulation* terhadap kondisi temperatur normal pada *outlet oil hydraulic* 47,8 °C dan *outlet* air pendingin 39,45 °C. sedangkan pada kondisi temperatur tinggi *outlet oil hydraulic* 51,83 dan *outlet* air pendingin 42,8 °C. Penurunan nilai efektivitas *heat exchanger* disebabkan oleh *fouling* dan kebocoran dari *system*, sedangkan nilai defiasi antara perhitungan teoritis dan setelah simulasi *solidworks flow simulation* disebabkan oleh faktor-faktor yang tidak ditulis pada perhitungan teoritis.

*Kata kunci* : *Shearing Line 1, Heat Exchanger, Efektivitas, Solidworks Flow Simulation*

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## ABSTRACT

*Hydraulic shearing line system has a heat exchanger that serves to reduce the temperature of the hydraulic oil due to the system usage process. Found a leaked from the actuator and hydraulic valve due to the temperature of the hot hydraulic oil and can cause the system to overheat and the hydraulic system to turn off. In this research, theoretical calculations of the effectiveness of heat exchangers using LMTD (logarithmic Mean Temperature Difference) and NTU (Number of Transfer Units) methods are based on normal temperature data on October 27-31 October 2019 which refers to the periodic heat exchanger maintenance history and high temperature data refers on mechanical delay data from March 2-6, 2020. Then the normal and high temperature data are simulated in the solidworks flow simulation software to determine the temperature distribution and get the temperature defiation value between theoretical calculations and after simulation. The theoretical calculation value of the effectiveness of normal temperature conditions of 46.64% has decreased by 14.99% in high temperature conditions. And defiation values obtained in the simulation of solidworks flow simulation of normal temperature conditions at the 47.8 °C hydraulic oil outlet and 39.45 °C cooling water outlet. while at high temperature conditions the hydraulic oil outlet is 51.83 °C and the cooling water outlet is 42.8 °C. The decrease in the value of the effectiveness of the heat exchanger is caused by fouling and leakage from the system, while the defiation value between the theoretical calculations and after the simulation of solidworks flow simulation is caused by factors not written on the theoretical calculations.*

*Keywords: Shearing Line 1, Heat Exchanger, Effectiveness, Solidworks Flow Simulation.*

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 BATASAN MASALAH	3
1.4 TUJUAN PENELITIAN	3
1.5 MANFAAT PENELITIAN	3
1.6 METODE PENGUMPULAN DATA	3
1.7 SISTEMATIKA PENULISAN LAPORAN	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1 PERPINDAHAN KALOR	6
2.2 ALAT PENUKAR KALOR (HEAT EXCHANGER)	6
2.2.1 <i>SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER</i>	9
2.2.2 KOMPONEN-KOMPONEN HEAT EXCHANGER	11
2.3 <i>HEAT EXCHANGER HYDRAULIC SYSTEM SHEARING LINE</i>	14
2.4 PERHITUNGAN HEAT EXCHANGER TYPE SHELL AND TUBE	15
2.4.1 LAJU PERPINDAHAN KALOR	15
2.4.2 TOTAL KOEFISIEN PERPINDAHAN KALOR MENYELURUH	16
2.4.3 EFEKTIVITAS	18
2.5 METODE PERHITUNGAN PERPINDAHAN PANAS	19
2.5.1 <i>LMTD (LOGARITHMIC MEAN TEMPERATURE DIFFERENCE)</i>	19
2.5.2 <i>NTU (NUMBER OF TRANSFER UNIT)</i>	20
2.5.3 FOULING FACTOR	20
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1 PERSIAPAN AWAL	22
3.2 PENGAMBILAN DATA	22
3.2.1 KLASIFIKASI KONDISI TEMPERATUR NORMAL DAN TINGGI <i>OIL HYDRAULIC</i>	22
3.2.2 PENGAMBILAN DATA BERDASARKAN DATA TEMPERATUR NORMAL	24



3.2.3 PENGAMBILAN DATA BERDASARKAN DATA TEMPERATUR TINGGI	24
3.3 PENGOLAHAN DATA	25
3.4 SIMULASI	26
3.4.1 <i>PREPOCCESOR</i>	26
3.4.2 <i>PHYSICAL FEATURES</i>	26
3.4.3 <i>INITIAL CONDITION</i>	27
3.4.4 <i>BOUNDARY CONDITION</i>	27
3.4.5 <i>MESHING</i>	27
3.5 DIAGRAM ALIR PENELITIAN	29
3.6 DIAGRAM PENGAMBILAN DATA	30
3.6 DIAGRAM ANALISIS PERHITUNGAN	30
3.8 PABRIK <i>HOT STRIP MILL</i> (HSM)	32
3.8.1 <i>MILL LINES</i>	32
3.8.2 <i>SHEARING LINE 1</i>	34
3.8.3 PRINSIP KERJA HYDRAULIC SYSTEM SHEARING LINE 1	35
3.8.4 PRINSIP KERJA <i>HEAT EXCHANGER HYDRAULIC SYSTEM SHEARING LINE 1</i>	35
3.9 ANALISIS PERHITUNGAN <i>HEAT EXCHANGER SYSTEM HYDRAULIC SHEARING LINE 1</i>	36
3.9.1 LMTD ( <i>LOGARITHMIC MEAN TEMPERATURE DIFFERENCE</i> ) PADA <i>HEAT EXCHANGER SHEARING LINE 1</i>	37
3.9.2 NTU ( <i>NUMBER OF TRANSFERN UNIT</i> ) PADA <i>HEAT EXCHANGER SHEARING LINE 1</i>	37
3.10 PERALATAN PENELITIAN	38
3.11 LANGKAH-LANGKAH ANALISIS PERHITUNGAN	39
BAB IV ANALISIS DAN PERHITUNGAN	
4.1 KARAKTERISTIK FLUIDA YANG DIGUNAKAN	41
4.2 ANALISIS PERHITUNGAN BERDASARKAN DATA TEMPERATUR NORMAL	41
4.2.1 PERPINDAHAN KALOR MENGGUNAKAN METODE LMTD ( <i>LOGARITHMIC MEAN TEMPERATUR DIFFERENCE</i> )	43
4.2.2 METODE NTU ( <i>NUMBER OF TRANSFER UNIT</i> )	46
4.2.3 PERHITUNGAN FOULING	47
4.3 ANALISIS PERHITUNGAN BERDASARKAN DATA TEMPERATUR TINGGI	48
4.3.1 PERPINDAHAN KALOR MENGGUNAKAN METODE LMTD ( <i>LOGARITHMIC MEAN TEMPERATUR DIFFERENCE</i> )	50
4.3.2 METODE NTU ( <i>NUMBER OF TRASFER UNIT</i> )	53
4.3.3 PERHITUNGAN FOULING	54
4.4 SIMULASI PERUBAHAN TEMPERATUR MENGGUNAKAN <i>SOLIDWORKS FLOW SIMULATION</i>	55
4.4.1 SIMULASI <i>HEAT EXCHANGER</i> TEMPERATUR NORMAL	57

4.4.2 SIMULASI <i>HEAT EXCHANGER</i> TEMPERATUR TINGGI	59
4.3 HASIL DAN PEMBAHASAN	62
4.3.1 <i>FOULING</i>	64
4.3.2 KEBOCORAN SYSTEM	67
4.4 REKOMENDASI HEAT EXCHANGER	68
5.1 KESIMPULAN	71
5.2 PENUTUP	73



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Skema kerja masing-masing kriteria alat penukar kalor (Kakac, 2002)	9
<b>Gambar 2. 2</b> <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i> (Holman, 2010)	9
<b>Gambar 2. 3</b> <i>Shell and tube heat exchanger</i> dengan 1 <i>shell pass</i> dan 1 <i>tube pass</i> . (Cengel, 2003)	9
<b>Gambar 2. 4</b> <i>Shell and tube heat exchanger</i> dengan (a) 1 <i>shell pass</i> dan dua <i>tube pass</i> . (b) 2 <i>shell pass</i> dan 4 <i>tube pass</i> . (Cengel, 2003)	10
<b>Gambar 2. 5</b> Pola susunan <i>tube</i> (Kakac, 2002)	11
<b>Gambar 2. 6</b> Tipe <i>Plate Baffle Heat Exchanger Shell and Tube</i>	12
<b>Gambar 2. 7</b> Standar konstruksi alat penukar kalor <i>Shell and Tube</i> menurut TEMA (TEMA, 2007)	13
<b>Gambar 2. 8</b> <i>Bill of Material Hydraulic System Shearing Line</i>	14
<b>Gambar 2. 9</b> Spesifikasi <i>Heat Exchanger type SL-526</i> (Foshan Kamui Co. Ltd)	15
<b>Gambar 2. 10</b> <i>Heat Exchanger Hydraulic System Shearing Line</i>	15
<b>Gambar 2.11</b> <i>Double pipe heat exchanger</i> (Cengel, 2003) .	17
<b>Gambar 3.1</b> <i>Station Pump Hydraulic System</i>	21
<b>Gambar 3.2</b> <i>Manufaktur dari System Hydraulic.</i>	22
<b>Gambar 3.3</b> Program <i>Preventive Maintenance</i> Bulan Oktober 2019	23
<b>Gambar 3.4</b> Data Delay Lini Produksi <i>Shearing Line</i> 1 Bulan Februari 2020	24
<b>Gambar 3.5</b> Model <i>Heat Exchanger</i>	25
<b>Gambar 3.6</b> <i>Mesh Right Plane.</i>	26
<b>Gambar 3.7</b> <i>Mesh Isometric Plane.</i>	27
<b>Gambar 3.8</b> Diagram alir penelitian	28
<b>Gambar 3.9</b> Diagram pengambilan data.	29
<b>Gambar 3.10</b> Diagram analisis perhitungan	30
<b>Gambar 3.11</b> Proses bisnis pabrik HSM.	31
<b>Gambar 3.12</b> Alur proses produksi <i>Mill Lines</i>	32

<b>Gambar 3.13</b> Gambar bahan baku dan hasil produksi dari <i>Mill Lines</i>	32
<b>Gambar 3.14</b> Gambar alur lini produksi lanjutan <i>shearing line 1</i>	33
<b>Gambar 3.15</b> Gambar bahan baku coil menjadi produk plate	34
<b>Gambar 3.16</b> sirkuit <i>station pump</i> peletakan <i>heat exchanger</i> sistem <i>hydraulic</i>	35
<b>Gambar 4.1</b> <i>Checklist</i> Data Temperatur Kondisi Normal	41
<b>Gambar 4.2</b> <i>Checklist</i> Data Temperatur Kondisi Tinggi	45
<b>Gambar 4.3</b> Perubahan Temperatur Pada Simulasi	51
<b>Gambar 4.4</b> Hasil Simulasi Data 27 Oktober 2019	51
<b>Gambar 4.5</b> Hasil Simulasi Data 28 Oktober 2019	52
<b>Gambar 4.6</b> Hasil Simulasi Data 30 Oktober 2019	52
<b>Gambar 4.7</b> Hasil Simulasi Data 30 Oktober 2019	53
<b>Gambar 4.8</b> Hasil Simulasi Data 31 Oktober 2019	53
<b>Gambar 4.9</b> Hasil Simulasi Data 2 Maret 2020	53
<b>Gambar 4.10</b> Hasil Simulasi Data 3 Maret 2020	54
<b>Gambar 4.11</b> Hasil Simulasi Data 4 Maret 2020	54
<b>Gambar 4.12</b> Hasil Simulasi Data 5 Maret 2020	55
<b>Gambar 4.13</b> Hasil Simulasi Data 6 Maret 2020	55
<b>Gambar 4.14</b> Lapisan dinding <i>tube</i> yang mengalami <i>fouling</i>	57
<b>Gambar 4.15</b> Lapisan <i>Fouling</i> pada saluran <i>sheel</i> dan <i>tube</i>	57
<b>Gambar 4.16</b> Gambar kebocoran pada pipa instalasi air pendingin	59
<b>Gambar 4.17</b> Gambar kebocoran <i>system hydraulic</i> pada <i>accumulator system</i>	60
<b>Gambar 4.18</b> Skema <i>Chemical Cleaning Heat Exchanger</i>	61

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3. 1</b> Data fisik dan kimiawi oli Turalik 48	39
<b>Tabel 4.1</b> Data temperatur kondisi normal	42
<b>Tabel 4.2</b> $T_{c,out}$ Temperatur Normal	43
<b>Tabel 4.3</b> $\Delta T_{LMTD}$ Temperatur Normal	43
<b>Tabel 4.4</b> $Q_{act}$ Temperatur Normal	45
<b>Tabel 4.5</b> $U$ Temperatur Normal	46
<b>Tabel 4.6</b> $Q_{maks}$ Temperatur Normal	47
<b>Tabel 4.7</b> $\varepsilon$ Temperatur Normal	47
<b>Tabel 4.8</b> $R_f$ Temperatur Normal	48
<b>Tabel 4.9</b> Data temperatur kondisi tinggi	49
<b>Tabel 4.10</b> $T_{c,out}$ Temperatur Tinggi	50
<b>Tabel 4.11</b> $\Delta T_{LMTD}$ Temperatur Tinggi	51
<b>Tabel 4.12</b> $Q_{act}$ Temperatur Tinggi	52
<b>Tabel 4.13</b> $U$ Temperatur Tinggi	53
<b>Tabel 4.14</b> $Q_{maks}$ Temperatur Tinggi	54
<b>Tabel 4.15</b> $\varepsilon$ Temperatur Tinggi	54
<b>Tabel 4.16</b> $R_f$ Temperatur Tinggi	55
<b>Tabel 4.17</b> <i>initial condition</i>	56
<b>Tabel 4.18</b> <i>boundary condition</i>	56
<b>Tabel 4.19</b> Tabel perbandingan hasil efektivitas	62
<b>Tabel 4.20</b> Perbandingan nilai <i>fouling factor</i> berikut	63
<b>Tabel 4.21</b> Data Temperatur Normal Perbandingan Perhitungan Teoritis dan Logaritma <i>Solidworks Flow Simulation</i>	63
<b>Tabel 4.22</b> Data Temperatur Tinggi Perbandingan Perhitungan Teoritis dan Logaritma <i>Solidworks Flow Simulation</i>	64

## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
$c_p$	Kalor jenis spesifik (kJ/kg. °C)
$T_h$	Temperature fluida <i>oil</i> (°C)
$T_c$	Temperature fluida air (°C)
$Q$	Laju perpindahan kalor (W)
$U$	Koefisien perpindahan kalor total (W/m <sup>2</sup> . °C)
$A$	Total luas permukaan kalor (m <sup>2</sup> )
$Q_{act}$	Perpindahan kalor aktual (W)
$Q_{maxs}$	Perpindahan kalor maksimum yang mungkin (W)
$C$	Kapasitas panas (W/°C)
$m$	Laju aliran fluida (kg/s)
$q_h$	Debit aliran <i>oil hydraulic</i> (m <sup>3</sup> /s)
$\rho_h$	Massa jenis <i>oil hydraulic</i> (kg/m <sup>3</sup> )
$q_c$	Debit aliran air Pendingin (m <sup>3</sup> /s)
$\rho_c$	Massa jenis air Pendingin (kg/m <sup>3</sup> )
$\Delta T_1$	Selisih temperatur antara fluida panas dan fluida dingin di sisi <i>inlet</i> (°C)
$\Delta T_2$	Selisih temperatur antara fluida panas dan fluida dingin di sisi <i>outlet</i> (°C)
$F$	Faktor Koreksi
$\Delta T_{LMTD}$	Selisih temperatur rata-rata logaritmik 2 fluida (°C)
$\varepsilon$	Efektivitas (%)