



**OPTIMASI PERFORMA *HIGH PRESSURE HEATER*
(HPH) DENGAN PENDEKATAN VARIASI
DIAMETER LUAR TUBE (STUDI KASUS DI UPK
TARAHAN)**

SKRIPSI

NAZARIAH AL-VANESA

1710311013

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2021



**OPTIMASI PERFORMA *HIGH PRESSURE HEATER*
(HPH) DENGAN PENDEKATAN VARIASI
DIAMETER LUAR TUBE (STUDI KASUS DI UPK
TARAHAN)**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

NAZARIAH AL-VANESA

1710311013

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2021

PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Nazariah Al-Vanesa
NIM : 1710311013
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : OPTIMASI PERFORMA *HIGH PRESSURE HEATER*
(HPH) DENGAN PENDEKATAN VARIASI DIAMETER
LUAR TUBE (STUDI KASUS DI UPK TARAHAN)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Ir. M. Galbi Bethalembah, M.T.

Penguji Utama



Nur Cholis S.T., M.Eng., IPM

Penguji Lembaga



Dr. Damora R, S.T., M.T.

Penguji Pembimbing



Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc., M.Si.

Dekan



Nur Cholis, S.T., M.Eng.,IPM

Ka. Progdi

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 14 Juli 2021

PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Nazariah Al-Vanesa

NIM : 1710311013

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : OPTIMASI PERFORMA *HIGH PRESSURE HEATER* (HPH) DENGAN PENDEKATAN VARIASI DIAMETER LUAR TUBE (STUDI KASUS DI UPK TARAHAN)

Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis berdasarkan arahan oleh dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



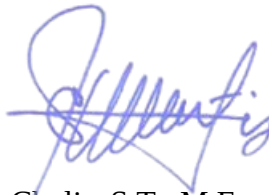
Dr. Damora R, S.T., M.T., IPP

Pembimbing I



M. As'Adi, S.T., M.T., IPM

Pembimbing II



Nur Cholis, S.T., M.Eng., IPM

Ka. Progdi

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil saya sendiri dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Nazariah Al-Vanesa

NIM : 1710311013

Program Studi : Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 23 Juli 2021

Yang menyatakan,



(Nazariah Al-Vanesa)

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nazariah Al-Vanesa
NIM : 1710311013
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non Exclusive Royalti Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“OPTIMASI PERFORMA *HIGH PRESSURE HEATER* (HPH) DENGAN PENDEKATAN VARIASI DIAMETER LUAR TUBE (STUDI KASUS DI UPK TARAHAN)”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/performatan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya. Terima kasih

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 23 Juli 2021

Yang menyatakan,



(Nazariah Al-Vanesa)

OPTIMASI PERFORMA *HIGH PRESSURE HEATER* (HPH) DENGAN PENDEKATAN VARIASI DIAMETER LUAR TUBE (STUDI KASUS DI UPK TARAHAN)

Nazariah Al-Vanesa

ABSTRAK

Penelitian ini membahas mengenai bagaimana cara untuk mengoptimalkan performa dari *high pressure heater* (HPH) di unit 3 UPK Tarahan. Unit 3 di UPK Tarahan memiliki 5 *feedwater heater* yang meliputi 1 *dearator*, 2 *low pressure heater* (LPH) dan 2 *high pressure heater* (HPH). Pada penelitian ini menggunakan HPH 5, dimana terjadi penipisan didalam *tube* dan berakibat kebocoran. Langkah efektif yang dilakukan adalah dengan menyumbat ujung *tube* yang bocor. Akan tetapi, dengan adanya sumbatan tersebut akan menghambat proses *heat transfer* pada *shell and tube*. Analisis termal dilakukan berdasarkan hukum termodinamika dan perpindahan panas (*heat transfer*). Diameter *shell*, banyaknya *baffle*, ketebalan *tube*, properties fluida *shell and tube* sudah ditentukan. Sedangkan diameter luar *tube* dan banyaknya *tube* divariasikan untuk mendapatkan nilai koefisien perpindahan panas maksimum dengan batasan *pressure drop* sesuai pada standarnya. Perhitungan dilakukan untuk mendapatkan dimensi optimum *shell and tube* pada HPH 5. Setelah itu, dilakukan perhitungan kinerja (performa) dengan memvariasikan banyaknya *tube*. Hasil dari perhitungan ini yaitu diameter luar *tube* sebesar 19,05mm, diameter dalam *tube* 14,83mm, diameter *shell* 1m, panjang total *tube* 9,47m dan banyaknya *tube* 491 buah. *Pressure drop* disisi *shell* sebesar 0,3794 kg/cm² dan sisi *tube* sebesar 0,261 kg/cm². Kinerja (performa) HPH 5 dengan banyaknya *tube* minimum sebesar 373 buah dimana nilai *effectiveness* sebesar 0,819.

Kata Kunci: *high pressure heater*, parameter fluida kerja, *pressure drop*.

OPTIMIZATION OF HIGH PRESSURE HEATER (HPH) PERFORMANCE WITH VARIATION OUTSIDE TUBE DIAMETER APPROACH (CASE STUDY AT UPK TARAHAH)

Nazariah Al-Vanesa

ABSTRACT

This study discusses how to optimize the performance of the high pressure heater (HPH) at unit 3 UPK Tarahan. Unit 3 at UPK Tarahan has 5 feedwater heaters which include 1 dearator, 2 low pressure heaters (LPH) and 2 high pressure heaters (HPH). At this study using HPH 5, where there is thinning on the tube and results in leakage. The effective step taken is to plug the leaking tube end. However, the presence of this blockage will hinder the heat transfer process in the shell and tube. Thermal analysis is carried out based on the laws of thermodynamics and heat transfer. Shell diameter, number of baffles, tube thickness, shell and tube fluid properties have been determined. While the outer diameter of the tube and the number of tubes were varied to get the maximum heat transfer coefficient with the pressure drop limit according to the standard. Calculations were carried out to obtain the optimum dimensions of shell and tube in HPH 5. After that, the performance calculation was carried out by varying the number of tubes. The results of this calculation are the outer diameter of the tube is 19.05mm, the inner diameter of the tube is 14.83mm, the shell diameter is 1m, the total length of the tube is 9.47m and the number of tubes is 491 pieces. The pressure drop on the shell side is 0.3794 kg/cm² and the tube side is 0.261 kg/cm². Performance (performance) of HPH 5 with a minimum number of tubes of 373 units where the effectiveness value is 0.819.

Keywords: *high pressure heater, working fluid parameters, pressure drop.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas segala karunianya penulis dapat menuntaskan penyusunan tugas akhir. Judul yang dibahas pada penelitian ini yaitu Optimasi Performa *High Pressure Heater* (HPH) dengan Pendekatan Diameter Luar Tube (Studi Kasus di UPK Tarahan), dimana dilaksanakan pada tanggal 11 September 2020. Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Dr. Damora R, S.T., M.T. serta bapak As'adi, M.T. merupakan dosen pembimbing yang telah membantu penulis. Selain itu, penulis mengucapkan terimakasih atas dukungan dan doa dari orang tua, keluarga dan teman seperjuangan. Penulis juga mengucapkan terima kasih untuk teman-teman yang membantu dalam menyelesaikan tugas akhir.

Jakarta, 23 Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN PENGUJI	ii
PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii

BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Sistematika Penulisan	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Siklus Air Uap UPK Tarahan.....	6
2.2 <i>Feedwater Heater</i>	7
2.3 <i>Closed Feedwater Heater</i>	7
2.4 <i>High Pressure Heater</i>	8
2.5 Analisis Termodinamika	10
2.6 Analisis Perpindahan Panas	11
2.6.1 Perpindahan Panas Pada Sisi <i>Tube</i>	14
2.6.2 Perpindahan Panas Pada Sisi <i>Shell</i>	18

BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Diagram Alir Penelitian	25
3.2 Tahapan Diagram Alir Penelitian.....	26
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	 28
4.1 Skema Aliran Fluida Kerja pada HPH 5	28
4.2 Parameter Fluida Kerja pada HPH 5.....	28
4.3 Perhitungan Secara Termodinamika	29
4.4 Perhitungan Perpindahan Panas menggunakan metode LMTD.....	32
4.5 Perhitungan Perpindahan Panas Sisi <i>Tube (Feedwater)</i>	36
4.6 Perhitungan Perpindahan Panas Sisi <i>Shell (Steam)</i>	39
4.6.1 Zona <i>Desuperheating</i>	40
4.6.2 Zona <i>Condensing</i>	43
4.6.3 Zona <i>Subcooling</i>	47
4.6.4 <i>Pressure Drop Shell</i>	51
4.7 Hasil Pengolahan Data	51
4.8 Analisis Kinerja (Performa)	53
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	 59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	60

DAFTAR PUSTAKA

RIWAYAT HIDUP

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Contoh <i>Plugging</i> pada <i>Tube</i>	3
Gambar 2. 1 Siklus Kerja Unit Pelaksana Pembangkitan Tarahan.....	6
Gambar 2. 2 Skema dan diagram T-s Siklus <i>Rankine Regeneratif</i> untuk <i>Closed Feedwater Heater</i>	8
Gambar 2. 3 Posisi HPH 5 di UPK Tarahan	9
Gambar 2. 4 <i>High Pressure Heater</i> 5 UPK Tarahan	9
Gambar 2. 5 Kesenjangan Energi HPH 5	11
Gambar 2. 6 Jenis Aliran (a)Aliran Searah serta (b Aliran Berlawanan Arah.....	12
Gambar 2. 7 Pembentukan <i>Boundary Layer</i> pada <i>Circular Tube</i>	14
Gambar 2. 8 <i>Entrance flow conditions and loss coefficient</i> , (a) <i>Reentrant</i> , $KL=0,8$. (b) <i>Sharp-edged</i> , $KL=0,5$. (c) <i>Slightly-rounded</i> , $KL=0,2$. (d) <i>Well-rounded</i> , $KL=0,04$	17
Gambar 2. 9 <i>Exit flow conditions and loss coefficient</i> , (a) <i>Reentrant</i> , $KL=1$. (b) <i>Sharp-edged</i> , $KL=1$. (c) <i>Slightly-rounded</i> , $KL=1$. (d) <i>Well-rounded</i> , $KL=1$	17
Gambar 2. 10 Aliran Fluida Melewati Susunan <i>Tube</i> (a) <i>Aligned</i> serta (b) <i>Staggered</i>	19
Gambar 2. 11 <i>Tube Arrangements</i> (a) <i>Aligned</i> dan (b) <i>Staggered</i>	20
Gambar 2. 12 <i>Layout tube</i>	20
Gambar 2. 13 Grafik <i>Friction Factor</i> dan <i>Correction Factor</i>	22
Gambar 2. 14 <i>Film Condensation</i> pada bola a) bola, b) <i>single horizontal tube</i> , c) <i>tube horizontal</i> yang tersusun <i>vertical</i> dengan <i>continuous condensate sheet</i> , d) kondensat yang menetes.....	23
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian Performa HPH 5.....	25
Gambar 3. 2 <i>Feedwater Flow and Heater Drain</i> in Unit 3.....	27
Gambar 4. 1 Skema Aliran Fluida pada HPH 5	28
Gambar 4. 2 <i>Balance Energy</i> HPH 5	29
Gambar 4. 3 Bagian zona pada HPH 5 (sisi <i>shell</i>).....	31
Gambar 4. 4 Pembagian temperatur tiap zona pada HPH 5.....	34
Gambar 4. 5 Grafik Pengaruh <i>Outside Diameter Tube</i> terhadap <i>Pressure Drop</i> pada Sisi <i>Tube</i> dan <i>Shell</i>	51
Gambar 4. 6 Grafik Pengaruh <i>Plugging</i> terhadap <i>Effectiveness</i> dan <i>Pressure Drop Tube</i>	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Equivalent Roughness for New Pipes</i>	16
Tabel 2. 2 <i>Loss Coefficients for Pipe Components</i>	18
Tabel 2. 3 Koefisien C dan m untuk Aliran Melewati <i>Tube</i>	21
Tabel 3. 1 Spesifikasi HPH 5	27
Tabel 4. 1 Parameter Fluida Kerja pada HPH 5	29
Tabel 4. 2 Dimensi <i>Shell and Tube</i>	35
Tabel 4. 3 Variasi Diameter Luar <i>Tube</i>	36
Tabel 4. 4 Dimensi <i>Tube</i>	36
Tabel 4. 5 Properties <i>Feedwater</i>	37
Tabel 4. 6 Dimensi <i>Shell</i>	39
Tabel 4. 7 Properties Fluida Zona <i>Desuperheating</i> Sisi <i>Shell</i>	40
Tabel 4. 8 Parameter <i>Pressure Drop</i> Zona <i>Desuperheating</i>	43
Tabel 4. 9 Properties Fluida Zona <i>Condensing</i> Sisi <i>Shell</i>	44
Tabel 4. 10 Properties Fluida <i>Vapor</i> Zona <i>Condensing</i> Sisi <i>Shell</i>	44
Tabel 4. 11 Properties Fluida Zona <i>Subcooling</i> Sisi <i>Shell</i>	48
Tabel 4. 12 Parameter <i>Pressure Drop</i> Zona <i>Subcooling</i>	50
Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Variasi <i>Outside Diameter Tube</i>	51
Tabel 4. 14 Dimensi Optimum <i>Shell and Tube</i> HPH 5	52
Tabel 4. 15 Hasil Perhitungan Dimensi Optimum dengan <i>New Tube</i>	57

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 *Table B.2 Thermophysical Properties of Water at Saturation*
Lampiran 2 *Table A-3 Properties of Saturated Water (Liquid-Vapor): Pressure Table*
Lampiran 3 *Table U15-Inch Tube Pressure Ratings*
Lampiran 4 *Table A.1 Thermophysical Properties of Selected Metallic Solid*
Lampiran 5 *Table A.6 Thermophysical Properties of Saturated Water*
Lampiran 6 *Table A-9 Properties of Saturated Water*
Lampiran 7 *Table Elastic and Shear Modulus and Poissons's Rasio for Various Metal Alloys*
Lampiran 8 *Gambar Teknik HPH 5*
Lampiran 9 *Unit 3 Deaerator Feedwater Flow and Heater Drain*