

**EVALUASI PERBANDINGAN KINERJA EFISIENSI *HIGH-HIGH*
PRESSURE (HHP) BOILER PASKA OVERHAUL TAHUN 2020
DENGAN KONDISI AKTUAL MENGGUNAKAN
PERHITUNGAN METODE LANGSUNG**



UNIVERSITAS
MERCU BUANA
DONI ALMAN
NIM: 41321120030

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCUBUANA
JAKARTA 2023**

LAPORAN TUGAS AKHIR

EVALUASI PERBANDINGAN KINERJA EFISIENSI *HIGH-HIGH PRESSURE (HHP) BOILER* PASKA *OVERHAUL* TAHUN 2020
DENGAN KONDISI AKTUAL MENGGUNAKAN
PERHITUNGAN METODE LANGSUNG



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh:

Nama : Doni Alman
NIM : 41321120030
Program Studi : Teknik Mesin

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

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Doni Alman

NIM : 41321120030

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Laporan Skripsi : **EVALUASI PERBANDINGAN KINERJA EFISIENSI HIGH-HIGH PRESSURE (HHP) BOILER PASKA OVERHAUL TAHUN 2020 DENGAN KONDISI AKTUAL MENGGUNAKAN PERHITUNGAN METODE LANGSUNG**

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata I pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

Disetujui oleh:

Pembimbing : Andi Firdaus Sudarma, ST., M.T

NIDN : 0327118104

Penguji 1 : Muhamad Fitri, M.Si., Ph.D

NIDN : 10013126901

Penguji 2 : R. Ariosuko Dharmajati, S.T., M.T.

NIDN : 0327036601

Jakarta, 19 Desember 2023

Mengetahui,


Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.

NIP. 11381

Ketua Program Studi



Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., MT

112750348

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Doni Alman

NIM : 41321120030

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : *EVALUASI PERBANDINGAN KINERJA EFISIENSI HIGH-HIGH PRESSURE (HHP) BOILER PASKA OVERHAUL TAHUN 2020 DENGAN KONDISI AKTUAL MENGGUNAKAN PERHITUNGAN METODE LANGSUNG*

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 dikemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

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

Jakarta, 24 November 2023



Doni Alman

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji dan syukur penulis haturkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nyalah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir di PT. Kilang Pertamina Internasional maupun dalam penyusunan Tugas Akhir ini, Pihak-pihak tersebut antara lain:

- a. Bapak Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng selaku Pelaksana Tugas Rektor Universitas Mercu Buana Jakarta.
- b. Ibu Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta.
- c. Bapak Dr. Eng. Imam Hidayat, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
- d. Bapak Gilang Awan Yudhistira, ST, MT. Selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
- e. Bapak Andi Firdaus Sudarma, ST., M.Sc Selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta memberikan arahan maupun bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- f. Seluruh dosen, staf dan karyawan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana yang selalu membantu dalam hal penyusunan Tugas Akhir.
- g. Ayah dan Ibu yang tak pernah lelah memberikan dukungan berupa doa, moril dan materi kepada penulis dalam setiap proses Tugas Akhir yang dijalani.
- h. Mas Alexander Ahmad Komari, mas Bayu Herlambang, serta rekan-rekan kerja di Utilities yang telah memberi saran dan informasi yang sangat membantu agar terealisasinya penelitian Tugas Akhir
- i. Semua rekan-rekan seperjuangan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana angkatan 2022 yang selalu memberikan support dan semangatnya.
- j. Seluruh pihak yang membantu selama proses penulis menyelesaikan Tugas Akhir yang tidak dapat disebutkan satu persatu, tanpa mengurangi rasa hormat penulis mengucapkan terima kasih.

Penulis menyadari penuh bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam Tugas Akhir ini sehingga kedepannya akan membuat penulis menjadi lebih baik lagi. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri dan seluruh pihak yang membaca Tugas Akhir ini.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Jakarta, 12 September 2023



Doni Alma



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRAK

Boiler merupakan *equipment* yang berperan penting dalam proses pembangkitan listrik di *Powerplant Refinery Unit V* Balikpapan. *Boiler* itu sendiri menjadi sumber utama dalam memproduksi kebutuhan *steam* di kilang sebagai media penggerak dari *Steam Turbine Generator* yang ada di *powerplant* dan digunakan sebagai pembangkit listrik. *Boiler* yang terdapat di RU V Balikpapan merupakan jenis *boiler High-High Pressure (HHP)* dimana *steam* yang dihasilkan dari *boiler* berupa *output steam* 60 bar yang dimanfaatkan sebagai penggerak *Steam Turbine Generator* dan sebagian *output* dari *steam* 60 bar ini dikonversikan menjadi *output steam* 32 bar, 17 bar, 10 bar, dan 3,5 bar dengan menggunakan *converting* sesuai kebutuhan di kilang. Dalam kondisi aktual saat ini didapat nilai efisiensi *boiler* sebesar 73,21 % dimana jika dibandingkan dengan efisiensi pada saat *Performance Test* dengan nilai efisiensi 80,74% telah terjadi penurunan efisiensi sebesar 7,53 %. Terdapat *fouling* pada *economizer* serta debu dan jelaga yang menempel pada *tube-tube boiler* akibat sisa dari pembakaran menjadi penyebab utama dari penurunan kemampuan *boiler* dalam menyerap panas dari *flue gas* sehingga *boiler* membutuhkan suplai bahan bakar yang lebih besar untuk memproduksi *steam* yang diharapkan.

Kata kunci: *Boiler, High-High Pressure (HHP), steam, converting, efisiensi*

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRACT

Boiler is an equipment that play an important role in the electricity generation process at Powerplant Refinery Unit V Balikpapan. The boiler itself is the main source for producing steam needs in the refinery as a driving for the Steam Turbine Generator in the powerplant and is used as an electricity generator. The boiler at RU V Balikpapan is a type of High-High Pressure (HHP) where the steam produced from the boiler is in the form of a steam output of 60 bar which is used to drive the Steam Turbine Generator and some of the output from this 60 bar steam is converted into a steam output of 32 bar, 17 bar, 10 bar, and 3.5 bar using converting according to requirements at the refinery. In current actual conditions, the boiler efficiency value is 73.21%, where when compared with the efficiency during the Performance Test with an efficiency value of 80.74%, there has been a decrease in efficiency of 7.53%. There is fouling in the economizer as well as dust and soot sticking to the boiler tubes due to combustion residue which is the main cause of the reduction in the boiler's ability to absorb heat from flue gas so that the boiler requires a larger fuel supply to produce the desired steam.

Keywords: Boiler, High-High Pressure (HHP), steam, converting, efficiency,

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SINGKATAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	4
1.3. BATASAN MASALAH	4
1.4. TUJUAN PENELITIAN	4
1.5. MANFAAT PENELITIAN	5
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	7
2.2. PENGERTIAN <i>BOILER</i>	11
2.3. <i>PROCESS FLOW DIAGRAM (PFD) HHP BOILER 6</i>	13
2.4. KOMPONEN-KOMPONEN <i>BOILER</i>	15
2.5. JENIS-JENIS <i>BOILER</i>	21
2.5.1. Boiler berdasarkan fluida yang mengalir dalam pipa	21
2.5.2. Boiler berdasarkan poros tutup <i>drum</i>	24
2.6. PERPINDAHAN PANAS	26
2.6.1. Perpindahan Panas Secara Konveksi	26
2.6.2. Perpindahan Panas Secara Konveksi	26
2.6.3. Perpindahan Panas Secara Radiasi	27
2.7. BAHAN BAKAR <i>BOILER</i>	27
2.7.1. Bahan Bakar Cair (<i>Residual Fuel Oil</i>)	27

2.7.2.	Bahan Bakar Gas (<i>Natural Gas</i>)	28
2.8.	PROSES PEMBAKARAN	29
2.9.	PEMBAKARAN 3T	30
2.10.	NERACA KALOR	31
2.11.	PROSES PEMBAKARAN BAHAN BAKAR GAS (<i>NATURAL GAS</i>)	32
2.13	EFISIENSI <i>BOILER</i>	34
2.14.	PERHITUNGAN EFISIENSI <i>BOILER</i> METODE LANGSUNG	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		38
3.1	<i>FLOWCHART</i> PENELITIAN	38
3.2	METODE DAN TEKNIK PENGUMPULAN DATA	40
3.3	ALAT DAN BAHAN	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		46
4.1.	DATA <i>HHP BOILER 6</i> SEBELUM <i>OVERHAUL</i> DAN SAAT <i>PERFORMANCE TEST</i> PASKA <i>OVERHAUL</i> TAHUN 2020	46
4.2.	DATA PERHITUNGAN EFISIENSI METODE LANGSUNG	48
4.3.	HASIL PERHITUNGAN	48
4.3.1.	Entalpi Air Umpan dan <i>Output Steam</i>	48
4.3.2.	Perhitungan Efisiensi <i>Boiler</i> Metode Langsung	53
4.4.	PERBANDINGAN EFISIENSI <i>PERFORMANCE TEST</i> DAN AKTUAL	54
4.5	ANALISIS HASIL PERHITUNGAN	55
BAB V PENUTUP		58
5.1.	KESIMPULAN	58
5.2.	SARAN	59
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN		64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>HHP Boiler 6</i>	11
Gambar 2.2 <i>Process Flow Diagram HHP Boiler 6</i>	13
Gambar 2.3 <i>Stack</i>	17
Gambar 2.4 <i>Gelas Duga</i>	17
Gambar 2.5 <i>Lubang lalu orang (manhole)</i>	19
Gambar 2.6 <i>Deaerator</i>	19
Gambar 2.8 <i>FDF Turbine</i>	20
Gambar 2.9 <i>O₂ Analyzer</i>	20
Gambar 2.10 <i>Steam Drum</i>	21
Gambar 2.11 <i>Boiler Pipa Air</i>	22
Gambar 2.12 <i>Boiler Pipa Api</i>	24
Gambar 2.13 <i>Boiler Mendatar</i>	25
Gambar 2.14 <i>Boiler Tegak</i>	25
Gambar 2.15 <i>Neraca Kalor</i>	31
Gambar 3.1 <i>Diagram Alir</i>	38
Gambar 3.2 <i>Diagram Alir Proses Perhitungan pada Microsoft Excel</i>	39
Gambar 3.3 <i>Panel DCS</i>	42
Gambar 3.4 <i>Thermo gun</i>	43
Gambar 3.5 <i>Laptop</i>	44
Gambar 4.1 <i>Data Perhitungan Efisiensi Metode Langsung</i>	54
Gambar 4.2 <i>Data Perbandingan Efisiensi Performance Test dan Aktual</i>	55
Gambar 4.3 <i>Diagram Sankey Kehilangan Panas Pada Boiler</i>	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar Penelitian Terdahulu	7
Tabel 2.2 Spesifikasi <i>Boiler</i>	12
Tabel 2.3 Klasifikasi <i>Steam</i> di RU V	14
Tabel 2.4 Temperatur Kerja <i>Equipment Boiler</i>	15
Tabel 2.5 Komposisi <i>Natural Gas</i>	33
Tabel 3.1 Temperatur di sekitar dinding <i>boiler</i>	43
Tabel 3.3 <i>Summary Data Logsheet</i> Parameter <i>Boiler 6</i>	45
Tabel 4.1 Data <i>logsheet</i> sebelum <i>overhaul</i>	46
Tabel 4.2 Data <i>Performance Test HHP Boiler 6</i> paska <i>overhaul</i> pada tanggal 5 Agustus 2020	47
Tabel 4.3 Entalpi Air Umpan	50
Tabel 4.4 Entalpi <i>Superheated Steam</i>	52
Tabel 4.5 Efisiensi pada saat <i>performance</i> test dan kondisi aktual	54

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
<i>BFW Pump</i>	<i>Boiler Feed Water Pump</i>
<i>CCCW Pump</i>	<i>Closed Circulated Cooling Water Pump</i>
<i>CBD</i>	<i>Continuous Blow Down</i>
<i>DCS</i>	<i>Distribute Control System</i>
<i>GCV</i>	<i>Gross Caloric Value</i>
<i>FDF</i>	<i>Forced Draft Fsn</i>
<i>HHP</i>	<i>High-High Pressure</i>
<i>IBD</i>	<i>Intermitten Blow Down</i>
<i>PT. KPI</i>	<i>PT. Kilang Pertamina Internasional</i>
<i>RU V</i>	<i>Refinery Unit V</i>