



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**EVALUASI KINERJA WATER TUBE BOILER
BERBAHAN BAKAR GAS ALAM BERDASARKAN
VARIASI JUMLAH UAP DI PABRIK FARMASI**

SKRIPSI

Oleh:

Tyas Rahmawati
NIM. 2202431028

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

JULI, 2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



EVALUASI KINERJA WATER TUBE BOILER BERBAHAN BAKAR GAS ALAM BERDASARKAN VARIASI JUMLAH UAP DI PABRIK FARMASI

SKRIPSI

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

Tyas Rahmawati

NIM. 2202431028

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2026**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSEMBAHAN



“Skripsi ini saya persembahkan untuk diri saya sendiri, kedua orang tua tercinta, orang-orang terdekat saya serta almamater yang telah menjadi bagian dari perjalanan dan perjuangan saya”



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

**EVALUASI KINERJA WATER TUBE BOILER
BERBAHAN BAKAR GAS ALAM BERDASARKAN
VARIASI JUMLAH UAP DI PABRIK FARMASI**

Oleh:

Tyas Rahmawati
NIM. 2202431028

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Skrripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2


Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T.
NIP. 196605191990031002


Dr. Belyamin, M.Sc.Eng, B.Eng(Hons).
NIP. 196301161993031001


Kepala Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Arifia Ekayuliana, S.T., M.T.
NIP. 199107212018032001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**EVALUASI KINERJA WATER TUBE BOILER
BERBAHAN BAKAR GAS ALAM BERDASARKAN
VARIASI JUMLAH UAP DI PABRIK FARMASI**

Oleh:

Tyas Rahmawati
NIM. 2202431028

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 13 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T. NIP.196605191990031002	Ketua		20/07/26
2.	Dr. Eng. Pribadi Mumpuni Adhi, S.Si., M.Eng. NIP.198901312019031009	Penguji 1		20/07/26
3.	Dr. Isnanda Nuriskasari, S.Si., M.T. NIP.199306062019032030	Penguji 2		20/07/26

Depok, 2026

Disahkan oleh:
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.
NIP. 197602252000121002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tyas Rahmawati
NIM : 2202431028
Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Menyatakan bahwa yang ditulis di dalam Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Skripsi ini telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 28 Juli 2026



Tyas Rahmawati



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

EVALUASI KINERJA *WATER TUBE BOILER* BERBAHAN BAKAR GAS ALAM BERDASARKAN VARIASI JUMLAH UAP DI PABRIK FARMASI

Tyas Rahmawati¹, Cecep Slamet Abadi², Belyamin¹

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: tyas.rahmawati.tm22@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRAK

Industri farmasi memerlukan pasokan uap yang andal untuk pemanasan, sterilisasi, dan sanitasi, namun kebutuhan uap berfluktuasi mengikuti jadwal produksi sehingga *water tube boiler* beroperasi pada jumlah uap yang tidak tetap dan berpotensi menurunkan kinerja serta memboroskan bahan bakar. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rentang variasi jumlah uap sebagai dasar evaluasi operasional dan pengambilan keputusan. Evaluasi menggunakan data operasi aktual selama 30 hari pada *water tube boiler* berbahan bakar gas alam di sebuah pabrik farmasi. Efisiensi dihitung dengan metode langsung mengacu pada ASME PTC 4, dilengkapi konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), *heat rate*, kehilangan energi, serta uji hipotesis regresi linear. Hasil menunjukkan efisiensi 72,10–85,44% (rata-rata 77,19%) dan SFC 75,73–91,62 Nm³/ton (rata-rata 84,48 Nm³/ton) pada jumlah uap 3,07–13,06 ton/hari. Efisiensi meningkat dan SFC menurun seiring naiknya jumlah uap, keduanya signifikan pada $\alpha = 0,05$. Hasil penentuan variasi jumlah uap berada pada 11–13,07 ton/hari dengan efisiensi rata-rata 80,47% dan SFC 80,24 Nm³/ton. Menjaga operasi pada rentang tersebut berpotensi menghemat bahan bakar $\approx 4,24$ Nm³/ton atau setara $\approx$ Rp314,5 juta per tahun. Penelitian ini memberikan dasar kuantitatif bagi evaluasi operasional dan pengambilan keputusan untuk mengoperasikan *boiler* secara lebih efisien.

Kata kunci: *Boiler* Pipa Air, Efisiensi, Konsumsi Bahan Bakar Spesifik, Variasi Jumlah uap



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

PERFORMANCE EVALUATION OF A NATURAL GAS-FIRED WATER-TUBE BOILER BASED ON STEAM OUTPUT VARIATIONS IN A PHARMACEUTICAL PLANT

Tyas Rahmawati¹, Cecep Slamet Abadi², Belyamin¹

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: tyas.rahmawati.tm22@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRACT

The pharmaceutical industry requires a reliable steam supply for heating, sterilization, and sanitation. However, steam demand fluctuates with production schedules, causing the water tube boiler to operate under varying steam output. These unstable fluctuations can reduce boiler performance and increase fuel consumption. This study evaluates the performance of a natural gas-fired water tube boiler under different steam output using actual operational data collected over 30 days at a pharmaceutical plant. Efficiency was calculated using the direct method based on ASME PTC 4, along with Specific Fuel Consumption (SFC), heat rate, and energy loss. The relationship between steam output, efficiency, and SFC was analyzed using hypothesis testing. Results showed efficiency ranged from 72.10-85.44% with an average 77.19%, while SFC ranged from 75.73-91.62 Nm³/ton with an average 84.48 Nm³/ton at steam output of 3.07-13.06 tons/day. Efficiency increased while SFC decreased with increasing steam output, both significant at $\alpha = 0.05$. Maintaining a steam output of 11–13.07 tons/day, potentially saving 4.24 Nm³/ton or Rp314.5 million annually.

Keywords: Water Tube Boiler, Efficiency, Specific Fuel Consumption, Steam Output Variation



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian serta penyusunan skripsi yang berjudul “Evaluasi Kinerja *Water Tube Boiler* Berbahan Bakar Gas Alam Berdasarkan Variasi Jumlah Uap di Pabrik Farmasi” Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi. Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan, arahan, bimbingan, dukungan, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Syamsurizal, S.E., M.M., selaku Direktur Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Ibu Arifia Ekayuliana, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi.
4. Bapak Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan juga materi dalam memberikan arahan, bimbingan, serta masukan yang sangat berharga selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Belyamin, M.Sc.Eng., B.Eng(Hons)., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan juga materi dalam memberikan arahan, bimbingan, serta masukan yang sangat berharga kepada penulis selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
6. Pihak pabrik farmasi yang telah memberikan izin, kesempatan, serta dukungan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian dan memperoleh data yang diperlukan.
7. Kedua orang tua tercinta, adik tersayang serta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral material, dan motivasi kepada penulis selama menempuh pendidikan hingga penyusunan skripsi ini.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

8. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi 2022 yang telah memberikan dukungan, semangat, serta kebersamaan selama proses penyusunan skripsi.
9. Seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang setimpal.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan penelitian di masa mendatang. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang material teknologi penyimpanan energi, serta dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Depok, 28 Juli 2026

Tyas Rahmawati

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	2
1.3 Pertanyaan Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Manfaat Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan Skripsi	4
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Landasan Teori	6
2.1.1 Sistem Produksi dan Distribusi Uap di Pabrik Farmasi	6
2.1.2 Pengertian <i>Boiler</i>	6
2.1.3 Jumlah Uap Operasi	9
2.1.4 Efisiensi <i>Boiler</i>	9
2.1.5 Bahan Bakar Gas Alam	11
2.1.6 Energi dan Keseimbangan Energi	12



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.1.7	Uji Pencilan Metode Modified Thompson τ	14
2.1.8	Analisis Hubungan Antarvariabel dan Uji Signifikansi Korelasi ...	16
2.1.9	Penentuan Variasi Jumlah Uap	17
2.1.10	Potensi Penghematan Bahan Bakar dan Ekonomi	18
2.2	Kajian Literatur	18
2.3	Kerangka Pemikiran	23
2.4	Hipotesis	24
BAB III		27
METODE PENELITIAN		27
3.1	Jenis Penelitian	27
3.2	Objek Penelitian	27
3.3	Metode Pengambilan Sampel	28
3.4	Jenis dan Sumber Data Penelitian	28
3.5	Metode Pengumpulan Data	29
3.6	Metode Analisis Data	30
BAB IV		31
PEMBAHASAN		31
4.1	Data Operasi <i>Boiler</i>	31
4.2	Hasil dan Pembahasan Penelitian	32
4.2.1	Efisiensi <i>Boiler</i>	32
4.2.2	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (<i>SFC</i>)	34
4.2.3	Analisis Energi (<i>Heat Rate</i> dan Kehilangan Energi)	35
4.2.4	Uji Pencilan Metode Modified Thompson τ	38
4.2.5	Uji Hipotesis Hubungan Antar Variabel	41
4.2.6	Penentuan Variasi Jumlah Uap	45
BAB V		49
KESIMPULAN DAN SARAN		49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN		54



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi Boiler	27
Tabel 4. 1 Data operasi harian <i>boiler</i> selama 30 hari pengamatan	31
Tabel 4. 2 Perbandingan efisiensi <i>boiler</i> dengan literatur lain	34
Tabel 4. 3 Heat rate dan kehilangan energi harian	36
Tabel 4. 4 Nilai rata-rata, std deviasi dan τ dengan $N=30$	38
Tabel 4. 5 Hasil analisis regresi sederhana	41
Tabel 4. 6 Hasil penentuan rentang variasi jumlah uap	46
Tabel 4. 7 Estimasi penghematan bahan bakar dan nilai ekonomi (harga gas Rp24.690/Nm ³)	48

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 P&ID Sistem Produksi dan Distribusi Uap di Pabrik Farmasi	6
Gambar 2. 2 Fire Tube Boiler	7
Gambar 2. 3 Water Tube Boiler	7
Gambar 2. 4 Direct Method ASME PTC 4.	11
Gambar 2. 5 Kerangka Pemikiran	24
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	29
Gambar 4. 1 Tren harian efisiensi	33
Gambar 4. 2 Tren harian SFC	35
Gambar 4. 3 Hasil uji pencilan jumlah uap.....	39
Gambar 4. 4 Hasil uji pencilan Efisiensi.....	40
Gambar 4. 5 Hasil uji pencilan SFC.....	40
Gambar 4. 6 Hubungan jumlah uap operasi terhadap efisiensi <i>boiler</i>	42
Gambar 4. 7 Hubungan jumlah uap operasi terhadap konsumsi bahan bakar spesifik (SFC)	43

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup.....	54
Lampiran 2 Steam Tables (Saturated Water and Steam Pressure Tables)	55
Lampiran 3 Steam Tables (Saturated Water and Steam Temperature Tables)	56
Lampiran 4 Hasil Perhitungan Efisiensi	57
Lampiran 5 Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)	58
Lampiran 6 Hasil Perhitungan Thompson τ (Jumlah Uap)	59
Lampiran 7 Hasil Perhitungan Thompson τ (Efisiensi)	61
Lampiran 8 Hasil Perhitungan Thompson τ (SFC)	63

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri farmasi membutuhkan uap untuk berbagai proses, seperti pemanasan, sterilisasi, dan sanitasi. Dalam hal ini *boiler* diperlukan untuk menunjang kebutuhan uap tersebut. Namun kebutuhan uap ini tidak selalu sama setiap harinya karena mengikuti aktivitas produksi obat yang berlangsung secara bertahap sesuai jadwal produksi. Akibatnya, jumlah uap *water tube boiler* berfluktuasi setiap harinya. Temuan pada lapangan, *boiler* berjalan pada rentang jumlah uap 3-13 Ton perhari. Fluktuasi jumlah uap uap yang besar dapat memicu penurunan kinerja *boiler*, sehingga mengakibatkan pemborosan penggunaan bahan bakar [1]. Oleh karena itu penentuan rentang variasi jumlah uap diperlukan agar penurunan kinerja *boiler* dan pemborosan bahan bakar dapat diminimalisir.

Penelitian terdahulu terkait variasi jumlah uap telah dilakukan. Penelitian Lestari et al. (2021) menunjukkan bahwa perubahan jumlah uap operasi memengaruhi konsumsi bahan bakar dan efisiensi *boiler*, tetapi tidak menentukan rentang operasi yang ideal. Penelitian Baringbing et al. (2023) hanya berfokus pada efisiensi *boiler* tanpa mengaitkannya dengan *SFC* dan kehilangan energi. Sementara itu, penelitian Permana (2021) hanya berfokus pada pengaruh perubahan jumlah uap *boiler* terhadap konservasi energi pada skala pltu, tetapi tidak menghitung besarnya penghematan ekonomi dan bahan bakar.[2][3][4]

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini difokuskan pada evaluasi kinerja *water tube boiler* berbahan bakar gas alam dan konsumsi bahan bakar spesifik berdasarkan jumlah uap operasi menggunakan data operasi aktual. Kinerja *boiler* dihitung dengan metode langsung (*direct method*), kemudian hubungan jumlah uap terhadap efisiensi dan konsumsi bahan bakar spesifik dimodelkan melalui analisis regresi dan korelasi. Hasil pemodelan tersebut digunakan untuk menentukan rentang variasi jumlah



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

uap sekaligus menghitung potensi penghematan bahan bakar dan nilai ekonominya. Penekanan utama penelitian ini adalah memberikan analisis kuantitatif yang dapat menjadi dasar evaluasi operasional dan pengambilan keputusan dalam mengoperasikan *boiler* secara efisien.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Merujuk pada identifikasi masalah yang telah diuraikan dalam latar belakang, terdapat beberapa permasalahan yang akan menjadi fokus pembahasan dalam penelitian ini, yaitu:

- 1) Belum diketennakannya rentang variasi jumlah uap untuk mendapatkan rata-rata kinerja *boiler* (η) yang lebih baik dan konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC*) yang lebih hemat.
- 2) Belum diketennakannya potensi penghematan bahan bakar dan nilai ekonomi, berdasarkan konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC*) pada hasil rentang variasi jumlah uap dibandingkan dengan rata-rata operasi aktual.

1.3 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas, pertanyaan penelitian dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Berapa rentang variasi jumlah uap *boiler* untuk mencapai efisiensi yang lebih baik dan *SFC* yang lebih hemat?
- 2) Berapa potensi penghematan bahan bakar dan nilai ekonomi yang diperoleh jika *boiler* dioperasikan pada rentang variasi jumlah uap tertentu dibandingkan kondisi operasi aktual?

1.4 Tujuan Penelitian

Dalam upaya menjawab rumusan masalah yang telah dipaparkan, berikut adalah tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini:

- 1) Menentukan rentang variasi jumlah uap untuk mendapatkan rata-rata kinerja *boiler* (η) yang lebih baik dan konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC*) yang lebih hemat.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 2) Menentukan potensi penghematan bahan bakar dan nilai ekonomi, berdasarkan konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC*) pada hasil rentang variasi jumlah uap dibandingkan dengan rata-rata operasi aktual.

1.5 Batasan Masalah

- 1) Penelitian ini di fokuskan pada evaluasi kinerja satu unit water tube boiler pada skala pabrik farmasi.
- 2) Data yang digunakan merupakan data operasi aktual selama 30 hari pengamatan.
- 3) Tidak dapat melakukan metode perhitungan *heat loss (indirect)* di karenakan keterbatasan data operasi pada boiler.
- 4) Analisis penelitian dibatasi pada evaluasi kinerja boiler berdasarkan variasi jumlah uap operasi, meliputi efisiensi boiler, konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC*), dan kehilangan energi.
- 5) Penelitian ini tidak membahas aspek desain boiler, kerusakan komponen, aktivitas *maintenance*, maupun modifikasi peralatan.
- 6) Aspek penghematan ekonomi hanya berdasarkan penghematan pada penggunaan natural gas yang kemudian dikalikan harga natural gas PGN.

1.6 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- 1) Bagi penulis, menambah pemahaman dan pengalaman dalam penerapan ilmu termodinamika serta analisis kinerja boiler untuk mengevaluasi efisiensi energi dan potensi penghematan bahan bakar.
- 2) Bagi institusi akademik, menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya terkait evaluasi kinerja Water Tube Boiler pada sistem boiler industri.
- 3) Bagi perusahaan, memberikan rekomendasi rentang variasi jumlah uap operasi boiler untuk meningkatkan efisiensi, menghemat konsumsi bahan bakar *Liquefied Natural Gas (LNG)*, dan menekan kehilangan energi.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.7 Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan skripsi ini disusun untuk memberikan gambaran umum mengenai isi penelitian yang dilakukan. Skripsi ini terdiri dari lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

a. Bagian Awal

1. Halaman Sampul
2. Halaman Judul
3. Halaman Persembahan
4. Halaman Persetujuan
5. Halaman Pengesahan
6. Halaman pernyataan Orisinalitas
7. Abstrak
8. *Abstract*
9. Kata Pengantar
10. Daftar Isi
11. Daftar Tabel
12. Daftar Gambar
13. Daftar Lampiran

b. Bagian Isi

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar Belakang Penelitian
2. Rumusan Masalah Penelitian
3. Pertanyaan Penelitian
4. Tujuan Penelitian
5. Batasan Masalah
6. Manfaat Penelitian
7. Sistematika Penulisan Skripsi

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

1. Landasan Teori
2. Kajian Literatur



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Kerangka Pemikiran

4. Hipotesis

BAB III METODE PENELITIAN

1. Jenis Penelitian
2. Objek Penelitian
3. Metode Pengambilan Sampel
4. Jenis dan Sumber Data Penelitian
5. Metode Pengumpulan Data
6. Metode Analisa Data

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Data Operasi *Boiler*
2. Hasil Penelitian dan Pembahasan

BAB V PENUTUP

1. Kesimpulan
2. Saran

DAFTAR PUSTAKA

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data operasi harian water tube *boiler* berbahan bakar gas alam selama 30 hari pengamatan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Rentang variasi jumlah uap dalam penelitian ini terjadi pada jumlah uap tinggi, ketika jumlah uap dijaga pada rentang 11–13,07 ton/hari. Dengan menjaga variasi jumlah uap pada rentang tersebut rata-rata efisiensi dapat naik ke 80,47% dan rata-rata *SFC* dapat turun ke 80,24 Nm³/ton.
2. Potensi penghematan bahan bakar dengan menjaga operasi *boiler* berada pada rentang variasi jumlah uap 11-13,07 ton/hari mencapai sekitar 4,24 Nm³/ton ($\approx 5,02\%$), atau jika produksi uap harian sebesar 9,11 ton/hari, maka asumsi penghematan rata-rata setara $\approx 38,6$ Nm³ gas per hari. Dengan harga gas Rp24.690 per Nm³, asumsi nilai penghematannya sekitar Rp953 ribu per hari, Rp28,6 juta per bulan, atau $\approx$ Rp314,5 juta per tahun (asumsi 330 hari operasi per tahun).

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan tersebut, saran yang dapat diajukan adalah:

1. Pabrik perlu dilakukan monitoring operasi secara berkala serta pengaturan suplai bahan bakar secara ideal agar fluktuasi jumlah uap yang terlalu rendah atau tidak stabil dapat diminimalkan, sehingga kehilangan energi dapat ditekan.
2. Dengan desain *boiler* yang digunakan pabrik disarankan menjaga ambang minimum jumlah uap di 11 ton/hari
3. Pabrik disarankan melakukan pencatatan lengkap pada operasi *boiler*, agar data yang dimiliki untuk melakukan pengukuran dan perhitungan dengan metode kehilangan panas (*heat loss*) dapat dilakukan.
4. Untuk peneliti selanjutnya disarankan menambahkan jumlah data pengamatan dan perhitungan metode kehilangan panas (*heat loss*) yang



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

tidak dilakukan di penelitian ini, agar dapat membandingkan hasil efisiensi *boiler* dengan metode langsung.

5. Untuk peneliti selanjutnya disarankan menambahkan variabel penelitian lain yang tidak dilakukan penelitian ini yang dikaitkan dengan jumlah uap sebagai variabel independen.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. R. Zulmi, D. Suanggana and D. M. Kurniawati, “Analisis Efisiensi Energi, Efisiensi Eksergi, Dan Laju Kerusakan Eksergi Pada Komponen Mesin Pltu Muara Jawa Dengan Variasi Pembebanan,” vol. 22, no. 1, pp. 1–12, 2021.
- [2] A. Lestari, V. T. Situmorang, K. A. Ridwan, and A. Manggala, “Analisa Efisiensi Termal Water Tube *Boiler* Berdasarkan Rasio Udara Bahan Bakar LPG Untuk Memproduksi Saturated dan Superheated Steam Teknik Energi / Teknik Kimia , Politeknik Negeri Sriwijaya , Indonesia Analysis Of Thermal Efficiency Water Tube *Boiler* Based On Lpg Fuel Air Ratio To Produce Saturated And Superheated Steam,” vol. 1, no. 10, pp. 415–421, 2021.
- [3] M. Hasudungan Baringbing and I. Nazaruddin Sinaga, “Analisis Efisiensi Water Tube *Boiler* Menggunakan Metode Langsung Di Pt. Toba Pulp Lestari, Tbk Porsea-Sumatera Utara,” 2023.
- [4] Dadang Suhendra Permana and Agung Wahyudi Bintoro, “Analisis Pengaruh Perubahan Beban *Boiler* Terhadap Konservasi,” vol. 10, no. 3, pp. 135–144, 2021.
- [5] A. Sugiharto, “Perhitungan Efisiensi *Boiler* Dengan Metode Secara Langsung Pada *Boiler* Pipa Api,” 2020.
- [6] H. Ulfa, “Evaluasi Peformance Heat Recovery Steam Generator (B-9203 C),” vol. 4, no. 1, pp. 29–32, 2025.
- [7] K. Anwar, H. Gunawan, and S. Tobing, “Cylinder : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Analisis Pengaruh Modifikasi Pressure Reducing Valve Terhadap Range Pressure Drop Aliran Uap,” vol. 10, no. April, 2024.
- [8] M. Haikal, “Analisis Pengaruh Uap *Boiler* Pipa Api Kapasitas 6 Ton Pada Proses Produksi V-Belt di PT Bando Indonesia,” vol. 11, no. 2, pp. 134–145, 2023.
- [9] Lelawati, “Analisa Cerobong Asap Gas Hasil Pembakaran Ketel Uap Pada



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pabrik CPO,” vol. 15, no. 1, pp. 9–13, 2021.

- [10] T. A. S. of M. Engineers, “ASME Performance Test Codes 4,” 1998.
- [11] A. Ivander *et al.*, “Analisis Komposisi Dari Sampel Natural Gas Menggunakan Alat Kromatografi Gas,” vol. 11, no. 38, pp. 555–562, 2025.
- [12] M. Fiber, F. Bunches, I. A. Cholilie, L. Zuari, and A. Tenggara, “Pengaruh Variasi Jenis Perekat terhadap Kualitas Biobriket Berbahan Serabut dan Tandan Buah Lontar (*Borassus flabellifer* L .) (The Effect of Variations in Adhesive Types on the Quality of Biobriquettes menyala , waktu nyala cukup lama ,” vol. 4, no. 3, pp. 391–402, 2021, doi: 10.37637/ab.v4i3.774.
- [13] C. Hidayatullah, J. T. Energi, F. T. Kimia, and P. N. Sriwijaya, “Penentuan specific fuel consumption (SFC) dan efisiensi termal *boiler* produksi superheated steam pada water tube *boiler* ditinjau dari rasio udara bahan bakar solar,” vol. 26, no. 3, pp. 304–310, 2024.
- [14] T. Mainur Aini, I. Yunanto, P. Studi Teknik Energi, T. Kimia, and P. Negeri Sriwijaya Jl Srijaya, “Efisiensi Termal Cross Section Double Drum Water Tube *Boiler* Pengaruh Rasio Udara Bahan Bakar Solar Berbasis Water Level Control (AM61-F) pada Produksi Saturated Steam Proses Kontinyu,” 2024.
- [15] M. Imron and A. I. Sudrajat, “Prototype *boiler* Untuk Proses Pemanasan Sistem Uap Pada Industri Tahu Berbasis Arduinouno,” pp. 49–56, 2022.
- [16] M. Habibuddin and M. Anshar, “Analisis Efisiensi *Boiler* Menggunakan Metode Direct dan Indirect pada PLTU Jeneponto 2×135 MW,” vol. 22, no. 1, pp. 146–156, 2024.
- [17] M. Rochim, R. Oktaviansyah, and I. Naskah, “Artikel Per hitungan Efisiensi *Boiler* TWA dengan Metode Secara Tidak Langsung,” 2024.
- [18] JCGM, “Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement,” no. September, 2008.
- [19] T. A. S. of M. Engineers, “ASME Performance Test Code 19.1,” 2005.
- [20] N. S. Laila *et al.*, “Efisiensi Termal Ruang Bakar Water Tube *Boiler* Ditinjau dari Pengaruh Rasio Udara Bahan Bakar Solar dan Gas pada Produksi Superheated Steam,” vol. 26, no. 3, pp. 298–303, 2024.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [21] G. Prasetyo *et al.*, “Analisis Efisiensi *Boiler* Berbahan Bakar Gas di PT XYZ Menggunakan Metode Langsung dan Tidak Langsung,” 2022.
- [22] A. Manggala, T. T, and Y. S. Anggriani, “Analisis Sistem Termal Pada Double Drum Water Tube *Boiler* Untuk Memproduksi Saturated Steam Pengaruh Rasio Udara Bahan Bakar Program Studi Teknik Energi / Teknik Kimia , Analysis Of Thermal Systems On Double Drum Water Tube *Boilers* To Produce Saturated St,” vol. 1, no. 12, pp. 491–496, 2021.
- [23] D. Patriana S, T. Taqiyuddin, and A. Ariyandi, “Analisis Variasi Pembebanan Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Pembangkit Batubara , Heat Rate dan Biaya Produksi Listrik di PLTU Asam Asam Unit 4,” vol. 9, no. 1, 2024.
- [24] S. Amna *et al.*, “Analisis efisiensi *boiler* tipe circulating fluidized bed (cfb) dengan metode langsung di pt xy,” vol. 14, no. 02, 2023.
- [25] A. Ridwan, Z. Anwar, L. Hakim, and Israyandi, “Perhitungan Efisiensi *Boiler* dengan Bahan Bakar Gas Metana Campuran Menggunakan Metode Tidak Langsung,” vol. 22, no. 5, 2024.
- [26] P. Rasworo, “Analisis efisiensi *boiler* CFB 2x60 MW PLTU PT X unit 2 dengan metode direct dan indirect,” vol. 1, no. 2, pp. 1–9, 2022.
- [27] Eko Sarwono, M. C. Fatah, and M. I Made Indradjaja Brunner, “Persamaan regresi linier berganda untuk memprediksi efisiensi *boiler*,” vol. 15, no. 2, pp. 587–603, 2024, doi: 10.21776/jrm.v15i2.1179.
- [28] A. Aditya, D. Dicky, and W. Sonden, “Perbandingan Efisiensi pada *Boiler* II TWA PPSDM Migas Menggunakan Metode Langsung dan Tidak Langsung Periode Bulan Maret 2023,” no. November, 2023.
- [29] A. Pambudi, I. Kukmana, and Y. E. Risano, “Pengaruh Nilai Spesifik Konsumsi Bahan Bakar (SFC) Terhadap Jumlah Pemakaian Batubara Di PT Bukit Energi Servis Terpadu PLTU Peltar 2x8 MW,” vol. 4, no. 2, 2023.



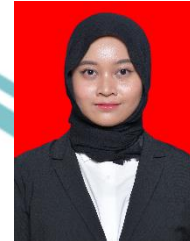
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

- | | |
|--------------------------|--|
| 1. Nama | : Tyas Rahmawati |
| 2. NIM | : 2202431028 |
| 3. Tempat, Tanggal Lahir | : Depok, 27 Oktober 2003 |
| 4. Jenis Kelamin | : Perempuan |
| 5. Alamat | : Jl. Jabel 3 Rt01/Rw08, Sukamajubar, Tapos, Depok |
| 6. Email | : tiyasrahmawati27@gmail.com |
| 7. Pendidikan | |
| a) SD (2010-2016) | : SDN SukamajuBaru 03 |
| b) SMP (2016-2019) | : SMP Taruna Bhakti |
| c) SMA (2019-2022) | : MAN 6 Jakarta |
| 8. Program Studi | : D4- Teknologi Rekayasa Konversi Energi |
| 9. Bidang Peminatan | : |



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2 *Steam Tables (Saturated Water and Steam Pressure Tables)*

11

Saturated Water and Steam (Pressure) Tables

(p)	(t)	(v _f)	(v _g)	(h _f)	(h _{fg})	(h _g)	(s _f)	(s _{fg})	(s _g)	(ρ)
5.2	153.3	0.001 095	0.361 06	646.5	2 102.7	2 749.2	1.875	4.931	6.806	5.2
5.4	154.8	0.001 096	0.348 44	652.8	2 098.1	2 750.9	1.890	4.903	6.793	5.4
5.6	156.2	0.001 098	0.336 69	658.8	2 093.7	2 752.5	1.904	4.877	6.781	5.6
5.8	157.5	0.001 099	0.325 72	664.7	2 089.3	2 754.0	1.918	4.851	6.769	5.8
6.0	158.8	0.001 101	0.315 46	670.4	2 085.1	2 755.5	1.931	4.827	6.758	6.0
6.2	160.1	0.001 102	0.305 84	676.1	2 080.8	2 756.9	1.944	4.803	6.747	6.2
6.4	161.4	0.001 104	0.296 80	681.5	2 076.7	2 758.2	1.956	4.780	6.736	6.4
6.6	162.6	0.001 105	0.288 29	686.8	2 072.7	2 759.5	1.968	4.757	6.725	6.6
6.8	163.8	0.001 107	0.280 26	692.0	2 068.8	2 760.8	1.980	4.735	6.715	6.8
7.0	165.0	0.001 108	0.272 68	697.1	2 064.9	2 762.0	1.992	4.713	6.705	7.0
7.2	166.1	0.001 110	0.265 50	702.0	2 061.2	2 763.2	2.003	4.693	6.696	7.2
7.4	167.2	0.001 111	0.258 70	706.9	2 057.4	2 764.3	2.014	4.672	6.686	7.4
7.6	168.3	0.001 112	0.252 24	711.7	2 053.7	2 765.4	2.025	4.652	6.677	7.6
7.8	169.4	0.001 114	0.246 10	716.3	2 050.1	2 766.4	2.035	4.633	6.668	7.8
8.0	170.4	0.001 115	0.240 26	720.9	2 046.5	2 767.4	2.046	4.614	6.660	8.0
8.2	171.4	0.001 116	0.234 69	725.4	2 043.0	2 768.4	2.056	4.595	6.651	8.2
8.4	172.4	0.001 118	0.229 38	729.9	2 039.6	2 769.4	2.066	4.577	6.643	8.4
8.6	173.4	0.001 119	0.224 31	734.2	2 036.2	2 770.4	2.075	4.560	6.635	8.6
8.8	174.4	0.001 120	0.219 46	738.5	2 032.8	2 771.3	2.085	4.542	6.627	8.8
9.0	175.4	0.001 121	0.214 82	742.6	2 029.5	2 772.1	2.094	4.525	6.619	9.0
9.2	176.3	0.001 123	0.210 37	746.8	2 026.2	2 773.0	2.103	4.509	6.612	9.2
9.4	177.2	0.001 124	0.206 10	750.8	2 023.0	2 773.8	2.112	4.492	6.604	9.4
9.6	178.1	0.001 125	0.202 01	754.8	2 019.8	2 774.6	2.121	4.476	6.597	9.6
9.8	179.0	0.001 126	0.198 08	758.7	2 016.7	2 775.4	2.130	4.460	6.590	9.8
10.0	179.9	0.001 127	0.194 30	762.6	2 013.6	2 776.2	2.138	4.445	6.583	10.0
10.5	182.0	0.001 130	0.185 48	772.0	2 006.0	2 778.0	2.159	4.407	6.566	10.5
11.0	184.1	0.001 133	0.177 39	781.1	1 998.6	2 779.7	2.179	4.371	6.550	11.0
11.5	186.0	0.001 136	0.170 02	789.9	1 991.4	2 781.3	2.198	4.336	6.534	11.5
12.0	188.0	0.001 139	0.163 21	798.4	1 984.3	2 782.7	2.216	4.303	6.519	12.0
12.5	189.8	0.001 141	0.156 96	806.7	1 977.5	2 784.2	2.234	4.271	6.505	12.5



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 *Steam Tables (Saturated Water and Steam Temperature Tables)*

2

Saturated Water and Steam (Temperature) Tables

(t)	(p)	(v _f)	(v _g)	(h _f)	(h _{fg})	(h _g)	(s _f)	(s _{fg})	(s _g)	(t)
20	0.023 37	0.001 002	57.838	83.9	2 454.3	2 538.2	0.296	8.372	8.668	20
21	0.024 85	0.001 002	54.561	88.0	2 452.0	2 540.0	0.310	8.336	8.646	21
22	0.026 42	0.001 002	51.492	92.2	2 449.6	2 541.8	0.325	8.299	8.624	22
23	0.028 08	0.001 002	48.619	96.4	2 447.2	2 543.6	0.339	8.263	8.602	23
24	0.029 82	0.001 002	45.926	100.6	2 444.9	2 545.5	0.353	8.228	8.581	24
25	0.031 66	0.001 003	43.402	104.8	2 442.5	2 547.3	0.367	8.192	8.559	25
26	0.033 60	0.001 003	41.034	108.9	2 440.2	2 549.1	0.381	8.157	8.538	26
27	0.035 64	0.001 003	38.813	113.1	2 437.8	2 550.9	0.395	8.122	8.517	27
28	0.037 78	0.001 004	36.728	117.3	2 435.4	2 552.7	0.409	8.087	8.496	28
29	0.040 04	0.001 004	34.769	121.5	2 433.1	2 554.5	0.423	8.052	8.475	29
30	0.042 42	0.001 004	32.929	125.7	2 430.7	2 556.4	0.437	8.018	8.455	30
31	0.044 91	0.001 005	31.199	129.8	2 428.3	2 558.2	0.450	7.984	8.434	31
32	0.047 53	0.001 005	29.572	134.0	2 425.9	2 560.0	0.464	7.950	8.414	32
33	0.050 29	0.001 005	28.042	138.2	2 423.6	2 561.8	0.478	7.916	8.394	33
34	0.053 18	0.001 006	26.601	142.4	2 421.2	2 563.6	0.491	7.883	8.374	34
35	0.056 22	0.001 006	25.245	146.6	2 418.8	2 565.4	0.505	7.849	8.354	35
36	0.059 40	0.001 006	23.967	150.7	2 416.4	2 567.2	0.518	7.817	8.335	36
37	0.062 74	0.001 007	22.763	154.9	2 414.1	2 569.0	0.532	7.783	8.315	37
38	0.066 24	0.001 007	21.627	159.1	2 411.7	2 570.8	0.545	7.751	8.296	38
39	0.069 91	0.001 007	20.557	163.3	2 409.3	2 572.6	0.559	7.718	8.277	39
40	0.073 75	0.001 008	19.546	167.5	2 406.9	2 574.4	0.572	7.686	8.258	40
41	0.077 77	0.001 008	18.592	171.6	2 404.5	2 576.2	0.585	7.654	8.239	41
42	0.081 99	0.001 009	17.692	175.8	2 402.1	2 577.9	0.599	7.622	8.221	42
43	0.086 39	0.001 009	16.841	180.0	2 399.7	2 579.7	0.612	7.591	8.203	43
44	0.091 00	0.001 009	16.036	184.2	2 397.3	2 581.5	0.625	7.559	8.184	44
45	0.095 82	0.001 010	15.276	188.4	2 394.9	2 583.3	0.638	7.528	8.166	45
46	0.100 80	0.001 010	14.557	192.5	2 392.5	2 585.1	0.651	7.497	8.148	46
47	0.106 12	0.001 011	13.877	196.7	2 390.1	2 586.9	0.664	7.466	8.130	47
48	0.111 62	0.001 011	13.233	200.9	2 387.7	2 588.6	0.678	7.435	8.113	48
49	0.117 36	0.001 012	12.623	205.1	2 385.3	2 590.4	0.691	7.404	8.095	49



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4 Hasil Perhitungan Efisiensi

Data	Jumlah uap (Ton/hari)	Efisiensi η (%)
1	8,5	72,89
2	7,27	73,19
3	8,02	74,76
4	9,28	77,12
5	7,89	74,46
6	8,24	75,82
7	8,11	76,24
8	13,06	81,31
9	3,07	74,18
10	10,79	75,13
11	11,49	75,07
12	12,33	80,50
13	6,84	72,10
14	7,78	76,06
15	8,94	78,02
16	8,4	78,48
17	9,17	78,35
18	10,58	79,53
19	8,78	78,04
20	4,18	72,13
21	11,61	80,93
22	12,47	85,44
23	4,23	72,69
24	10,12	79,45
25	11,07	80,23
26	10,91	80,46
27	8,56	75,42
28	9,13	77,97
29	10,88	79,85
30	11,47	79,78
Rata-rata	9,11	77,19



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5 Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*SFC*)

Data	Jumlah uap (Ton/hari)	Fuel (Nm ³ /hari)	SFC (Nm ³ /ton)
1	8,5	748,89	88,10
2	7,27	637,98	87,76
3	8,02	689,16	85,93
4	9,28	773,53	83,35
5	7,89	680,63	86,26
6	8,24	699,59	84,90
7	8,11	683,48	84,28
8	13,06	1031,38	78,97
9	3,07	274,91	89,55
10	10,79	910,99	84,43
11	11,49	963,12	83,82
12	12,33	963,12	78,11
13	6,84	626,6	91,61
14	7,78	674	86,63
15	8,94	754,57	84,40
16	8,4	705,28	83,96
17	9,17	771,64	84,15
18	10,58	876,86	82,88
19	8,78	737,51	84,00
20	4,18	382,97	91,62
21	11,61	933,74	80,43
22	12,47	944,41	75,73
23	4,23	386,77	91,43
24	10,12	828,51	81,87
25	11,07	898,66	81,18
26	10,91	883,5	80,98
27	8,56	741,3	86,60
28	9,13	772,59	84,62
29	10,88	908,14	83,47
30	11,47	957,44	83,47
Rata-rata	9,11	761,37	84,48



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 6 Hasil Pehitungan Thompson τ (Jumlah Uap)

Data	Jumlah Uap (Ton/hari)	Rata-Rata	SX	τ	τ SX	δ	Ket
1	8,5	9,11	2,43	1,911	4,64	0,61	Bukan Pencilan
2	7,27	9,11	2,43	1,911	4,64	1,84	Bukan Pencilan
3	8,02	9,11	2,43	1,911	4,64	1,09	Bukan Pencilan
4	9,28	9,11	2,43	1,911	4,64	0,17	Bukan Pencilan
5	7,89	9,11	2,43	1,911	4,64	1,22	Bukan Pencilan
6	8,24	9,11	2,43	1,911	4,64	0,87	Bukan Pencilan
7	8,11	9,11	2,43	1,911	4,64	1,00	Bukan Pencilan
8	13,06	9,11	2,43	1,911	4,64	3,95	Bukan Pencilan
9	3,07	9,11	2,43	1,911	4,64	6,04	Pencilan
10	10,79	9,11	2,43	1,911	4,64	1,68	Bukan Pencilan
11	11,49	9,11	2,43	1,911	4,64	2,38	Bukan Pencilan
12	12,33	9,11	2,43	1,911	4,64	3,22	Bukan Pencilan
13	6,84	9,11	2,43	1,911	4,64	2,27	Bukan Pencilan
14	7,78	9,11	2,43	1,911	4,64	1,33	Bukan Pencilan
15	8,94	9,11	2,43	1,911	4,64	0,17	Bukan Pencilan
16	8,4	9,11	2,43	1,911	4,64	0,71	Bukan Pencilan
17	9,17	9,11	2,43	1,911	4,64	0,06	Bukan Pencilan
18	10,58	9,11	2,43	1,911	4,64	1,47	Bukan Pencilan
19	8,78	9,11	2,43	1,911	4,64	0,33	Bukan Pencilan
20	4,18	9,11	2,43	1,911	4,64	4,93	Pencilan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Data	Jumlah Uap (Ton/hari)	Rata-Rata	SX	τ	τ SX	δ	Ket
21	11,61	9,11	2,43	1,911	4,64	2,50	Bukan Pencilan
22	12,47	9,11	2,43	1,911	4,64	3,36	Bukan Pencilan
23	4,23	9,11	2,43	1,911	4,64	4,88	Pencilan
24	10,12	9,11	2,43	1,911	4,64	1,01	Bukan Pencilan
25	11,07	9,11	2,43	1,911	4,64	1,96	Bukan Pencilan
26	10,91	9,11	2,43	1,911	4,64	1,80	Bukan Pencilan
27	8,56	9,11	2,43	1,911	4,64	0,55	Bukan Pencilan
28	9,13	9,11	2,43	1,911	4,64	0,02	Bukan Pencilan
29	10,88	9,11	2,43	1,911	4,64	1,77	Bukan Pencilan
30	11,47	9,11	2,43	1,911	4,64	2,36	Bukan Pencilan

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 7 Hasil Perhitungan Thompson τ (Efisiensi)

Data	Efisiensi η (%)	Rata-Rata	SX	τ	τ SX	δ	Ket
1	72,89	77,19	3,24	1,911	6,19	4,30	Bukan Pencilan
2	73,19	77,19	3,24	1,911	6,19	4,00	Bukan Pencilan
3	74,76	77,19	3,24	1,911	6,19	2,43	Bukan Pencilan
4	77,12	77,19	3,24	1,911	6,19	0,07	Bukan Pencilan
5	74,46	77,19	3,24	1,911	6,19	2,73	Bukan Pencilan
6	75,82	77,19	3,24	1,911	6,19	1,37	Bukan Pencilan
7	76,24	77,19	3,24	1,911	6,19	0,95	Bukan Pencilan
8	81,31	77,19	3,24	1,911	6,19	4,12	Bukan Pencilan
9	74,18	77,19	3,24	1,911	6,19	3,01	Bukan Pencilan
10	75,13	77,19	3,24	1,911	6,19	2,06	Bukan Pencilan
11	75,07	77,19	3,24	1,911	6,19	2,12	Bukan Pencilan
12	80,50	77,19	3,24	1,911	6,19	3,31	Bukan Pencilan
13	72,10	77,19	3,24	1,911	6,19	5,09	Bukan Pencilan
14	76,06	77,19	3,24	1,911	6,19	1,13	Bukan Pencilan
15	78,02	77,19	3,24	1,911	6,19	0,83	Bukan Pencilan
16	78,48	77,19	3,24	1,911	6,19	1,29	Bukan Pencilan
17	78,35	77,19	3,24	1,911	6,19	1,16	Bukan Pencilan
18	79,53	77,19	3,24	1,911	6,19	2,34	Bukan Pencilan
19	78,04	77,19	3,24	1,911	6,19	0,85	Bukan Pencilan
20	72,13	77,19	3,24	1,911	6,19	5,06	Bukan Pencilan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Data	Efisiensi η (%)	Rata-Rata	SX	τ	τ SX	δ	Ket
21	80,93	77,19	3,24	1,911	6,19	3,74	Bukan Pencilan
22	85,44	77,19	3,24	1,911	6,19	8,25	Pencilan
23	72,69	77,19	3,24	1,911	6,19	4,50	Bukan Pencilan
24	79,45	77,19	3,24	1,911	6,19	2,26	Bukan Pencilan
25	80,23	77,19	3,24	1,911	6,19	3,04	Bukan Pencilan
26	80,46	77,19	3,24	1,911	6,19	3,27	Bukan Pencilan
27	75,42	77,19	3,24	1,911	6,19	1,77	Bukan Pencilan
28	77,97	77,19	3,24	1,911	6,19	0,78	Bukan Pencilan
29	79,85	77,19	3,24	1,911	6,19	2,66	Bukan Pencilan
30	79,78	77,19	3,24	1,911	6,19	2,59	Bukan Pencilan

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 8 Hasil Perhitungan Thompson τ (SFC)

Data	SFC (Nm ³ /ton)	Rata- Rata	SX	τ	τ SX	δ	Ket
1	88,10	84,48	3,78	1,911	7,22	3,62	Bukan Pencilan
2	87,76	84,48	3,78	1,911	7,22	3,28	Bukan Pencilan
3	85,93	84,48	3,78	1,911	7,22	1,45	Bukan Pencilan
4	83,35	84,48	3,78	1,911	7,22	1,13	Bukan Pencilan
5	86,26	84,48	3,78	1,911	7,22	1,78	Bukan Pencilan
6	84,90	84,48	3,78	1,911	7,22	0,42	Bukan Pencilan
7	84,28	84,48	3,78	1,911	7,22	0,20	Bukan Pencilan
8	78,97	84,48	3,78	1,911	7,22	5,51	Bukan Pencilan
9	89,55	84,48	3,78	1,911	7,22	5,07	Bukan Pencilan
10	84,43	84,48	3,78	1,911	7,22	0,05	Bukan Pencilan
11	83,82	84,48	3,78	1,911	7,22	0,66	Bukan Pencilan
12	78,11	84,48	3,78	1,911	7,22	6,37	Bukan Pencilan
13	91,61	84,48	3,78	1,911	7,22	7,13	Bukan Pencilan
14	86,63	84,48	3,78	1,911	7,22	2,15	Bukan Pencilan
15	84,40	84,48	3,78	1,911	7,22	0,08	Bukan Pencilan
16	83,96	84,48	3,78	1,911	7,22	0,52	Bukan Pencilan
17	84,15	84,48	3,78	1,911	7,22	0,33	Bukan Pencilan
18	82,88	84,48	3,78	1,911	7,22	1,60	Bukan Pencilan
19	84,00	84,48	3,78	1,911	7,22	0,48	Bukan Pencilan
20	91,62	84,48	3,78	1,911	7,22	7,14	Bukan Pencilan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Data	SFC (Nm ³ /ton)	Rata- Rata	SX	τ	τ SX	δ	Ket
21	80,43	84,48	3,78	1,911	7,22	4,05	Bukan Pencilan
22	75,73	84,48	3,78	1,911	7,22	8,75	Pencilan
23	91,43	84,48	3,78	1,911	7,22	6,95	Bukan Pencilan
24	81,87	84,48	3,78	1,911	7,22	2,61	Bukan Pencilan
25	81,18	84,48	3,78	1,911	7,22	3,30	Bukan Pencilan
26	80,98	84,48	3,78	1,911	7,22	3,50	Bukan Pencilan
27	86,60	84,48	3,78	1,911	7,22	2,12	Bukan Pencilan
28	84,62	84,48	3,78	1,911	7,22	0,14	Bukan Pencilan
29	83,47	84,48	3,78	1,911	7,22	1,01	Bukan Pencilan
30	83,47	84,48	3,78	1,911	7,22	1,01	Bukan Pencilan

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA