



© 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



KINERJA BOILER PLTU X DENGAN METODE INPUT-OUTPUT DAN *ENERGY BALANCE*

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

**Fara Arinda Zulfa
NIM. 1802421031**

**PROGRAM STUDI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

Agustus, 2022



© 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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



KINERJA BOILER PLTU X DENGAN METODE INPUT-OUTPUT DAN ENERGY BALANCE

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:
Fara Arinda Zulfa
NIM. 1802421031

**PROGRAM STUDI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2022



© 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



“ Skripsi ini dipersembahkan untuk orang tua penulis yaitu Father dan Ibu yang tak pernah berhenti memberikan dukungan moral dan materil, serta doa dan kasih sayang kepada anak bungsunya ini”

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

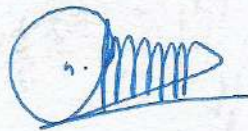
**HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**KINERJA BOILER PLTU X DENGAN METODE *INPUT-OUTPUT* DAN
*ENERGY BALANCE***

Oleh:
Fara Arinda Zulfa
NIM. 1802421031
Program Studi Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik

Laporan Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1



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

Pembimbing 2



Ir., Andi Ulfiana, M.Si.
NIP. 196208021990032002

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik



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

**HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI**

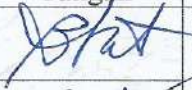
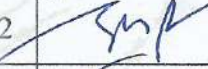

**KINERJA BOILER PLTU X DENGAN METODE *INPUT-OUTPUT* DAN
*ENERGY BALANCE***

Oleh:

Fara Arinda Zulfa
NIM. 1802421031

Program Studi Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 29 Agustus 2022 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan
Pembangkit Tenaga Listrik Jurusan Teknik Mesin

| No. | Nama | Posisi Penguji | Tanda Tangan | Tanggal |
|-----|---|-------------------|--|--------------------|
| 1 | Ir. Budi Santoso, M.T. NIP. 195911161990111001 | Penguji 1 |  | 29 Agustus 2022 |
| 2 | Ir. Emir Ridwan, M.T. NIP. 196002021990031001 | Penguji 2 |  | |
| 3 | Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T. NIP. 196605191990031002 | Penguji 3 |  | |

Depok, 29 Agustus 2022

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng., Muslimin, S.T., M.T., IWE.
NIP. 197707142008121005

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fara Arinda Zulfa

NIM : 1802421031

Program Studi : Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik

Menyatakan bahwa yang dituliskan 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 telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 26 Agustus 2022



Fara Arinda Zulfa
NIM. 1802421031



KINERJA BOILER PLTU X DENGAN METODE *INPUT-OUTPUT* DAN *ENERGY BALANCE*

Fara Arinda Zulfa¹, Arifia Ekayuliana², dan Andi Ulfiana³

¹Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: fara.arindazulfa.tm18@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRAK

Proses pembakaran batu bara menghasilkan panas dan gas buang, fly ash dan bottom ash sebagai produk pembakaran. Panas dan gas buang dimanfaatkan untuk memanaskan fluida kerja di dalam boiler, kemudian gas buang akan dikeluarkan melalui chimney. Gas buang yang dikeluarkan ke udara ambien ini masih mengandung produk pembakaran berupa Karbon Dioksida dan Karbon Monoksida sebagai emisi yang harus dipantau dan salah satu upaya pemantauan emisi yaitu dengan perhitungan kinerja pembakaran atau kinerja boiler. Metode yang digunakan dalam perhitungan kinerja boiler yaitu metode *input-output* dan metode *energy balance*. Hasil perhitungan metode *input-output* dengan nilai terbesar adalah data 2 yaitu 84,839%. Hasil perhitungan metode *energy balance* HHV basis dan LHV basis dengan nilai terbesar adalah data 3 dengan 88,3354% dan 92,6354%

Kata-kata kunci: Kinerja Boiler, Metode *Input-Output*, Metode *Energy Balance*

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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



KINERJA BOILER PLTU X DENGAN METODE *INPUT-OUTPUT* DAN *ENERGY BALANCE*

Fara Arinda Zulfa¹², Arifia Ekayuliana², dan Andi Ulfiana³

¹Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: fara.arindazulfa.tm18@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRACT

Coal combustion produces heat and exhaust gases, fly ash, and bottom ash as combustion products. Heat and exhaust gases are used to heat the working fluid in the boiler then, the exhaust gases will be expelled through the chimney. The exhaust gases released into the ambient air still contain combustion products in the form of Carbon Dioxide and Carbon Monoxide as emissions that should be monitored and one of the emission monitoring efforts is by calculating combustion performance or boiler performance. The method used in calculating boiler performance is input-output method and energy balance method. The result of calculation of the input-output method with the largest value is data 2 is 84,839%. The result of calculation of the energy balance method HHV basis and LHV basis with the largest value is data 3 is 88,3354% and 92,62354%..

Keyword: Boiler Performance, Input-Output Method, Energy Balance Method

- 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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin 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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur Penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas rahmat dan hidayah-Nya, Penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Kinerja Boiler Pltu X Dengan Metode *Input-Output* Dan *Energy Balance*”. terselesaikannya naskah skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak, sejak masa persiapan penelitian hingga penyusunan naskah skripsi. Bantuan yang tulus dari berbagai pihak yang terus-menerus memberikan semangatnya kepada Penulis untuk menyelesaikan penulisan naskah skripsi ini. Penulis sangat menghormati dan berterimakasih kepada seluruh pihak yang terlibat diantaranya:

1. Kedua orang tua Bapak Gimam dan Ibu Paryatun beserta abang Reza dan kakak Dinda atas dukungan moril dan finansial
2. Bapak Dr. Eng Muslimin, S.T., M.T., IWE. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta
3. Bapak Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik
4. Ibu Arifia Ekayuliana, S.T., M.T. selaku pembimbing satu yang tidak pernah menyerah terus memberikan dukungannya terhadap Penulis
5. Ibu Ir. Andi Ulfiana, M.Si. selaku pembimbing dua yang terus menerus memberikan semangat dan saran kepada Penulis
6. PLTU X yang telah memberikan data performan tes
7. Astry Afrilia, Dimas Patar, Fadia Ramadhania dan Nathanael yang telah banyak membantu penulis dalam proses pengerjaan skripsi
8. Faisal Azizi, Bagas Al Rizky, Yubdina dan Fadia Ramadhania selaku tim selama Praktik Kerja Lapangan yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi judul sebelumnya.
9. Sulistiowati, Herlinda dan Andini Maharani selaku teman sekolah Penulis yang terus memberikan dukungannya



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

10. Serta seluruh pihak lainnya yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu

Semoga skripsi ini menjadi tambahan ilmu bagi Penulis dan bermanfaat bagi pembaca. Mohon maaf Penulis ucapkan jika masih terdapat kesalahan dan kekurangan pada skripsi ini. Semoga kekurangan pada skripsi ini dapat disempurnakan oleh Penulis pada kesempatan lain.

Depok, 26 Agustus 2022

Fara Arinda Zulfa
NIM. 1802421031



**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

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN PERSETUJUAN..... | iv |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | v |
| LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS | vi |
| ABSTRAK | vii |
| KATA PENGANTAR | ix |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3. Pertanyaan Penelitian | 2 |
| 1.4. Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.5. Manfaat Penelitian..... | 2 |
| 1.6. Sistematika Penulisan Skripsi | 2 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 4 |
| 2.1. Landasan Teori | 4 |
| 2.1.1. <i>Boiler</i> | 4 |
| 2.1.2. Sistem Operasi <i>Boiler</i> | 6 |
| 2.1.3. Kinerja <i>Boiler</i> | 7 |
| 2.2. Kajian Literatur | 13 |
| 2.3. Kerangka Pemikiran | 14 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 15 |
| 3.1. Jenis Penelitian | 15 |
| 3.2. Objek Penelitian | 15 |
| 3.3. Metode Pengambilan Data | 15 |
| 3.4. Jenis dan Sumber Data Penelitian | 15 |
| 3.5. Metode Pengumpulan Data Penelitian | 15 |
| 3.6. Metode Analisis Data | 17 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... | 19 |
| 4.1. Hasil Penelitian..... | 19 |
| 4.2. Pembahasan | 40 |



© 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

| | |
|---|----|
| 4.2.1. Metode <i>Input-Output</i> | 40 |
| 4.2.2. Metode <i>energy balance</i> | 41 |
| BAB V PENUTUP..... | 52 |
| 5.1. Kesimpulan..... | 52 |
| 5.2. Saran | 52 |
| DAFTAR PUSTAKA | 53 |





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 Parameter Operasi Boiler | 16 |
| Tabel 4.2 Hasil perhitungan metode Input-output | 23 |
| Tabel 4.3 Data Proximate Analysis..... | 23 |
| Tabel 4.4 Data ultimate analysis batu bara | 24 |
| Tabel 4.5 Air and gas temperature | 25 |
| Tabel 4.6 Nilai Entalpi | 26 |
| Tabel 4.7 Flue gas analysis | 27 |
| Tabel 4.8 Nilai Carbon in ash masing-masing data | 27 |
| Tabel 4.9 Nilai Mass of residue masing-masing data | 28 |
| Tabel 4.10 Nilai Unburn carbon in fuel masing-masing data..... | 28 |
| Tabel 4.11 Nilai Carbon burned content masing-masing data..... | 29 |
| Tabel 4.12 Nilai Theoretical air masing-masing data | 29 |
| Tabel 4.13 Nilai mol theoretical air ketiga data | 30 |
| Tabel 4.14 Nilai mol product dari pembakaran bahan bakar ketiga data..... | 30 |
| Tabel 4.15 Nilai Excess air ketiga data | 31 |
| Tabel 4.16 Nilai massa udara aktual ketiga data..... | 31 |
| Tabel 4.17 Nilai dry gas ketiga data..... | 33 |
| Tabel 4.18 Kinerja boiler HHV basis..... | 38 |
| Tabel 4.19 Kinerja boiler LHV basis | 39 |



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 Ekonomizer [4]..... | 4 |
| Gambar 2.2 Boiler Drum [4]..... | 5 |
| Gambar 2.3 Downcomer [4] | 5 |
| Gambar 4.1 Grafik perhitungan metode input-output..... | 40 |
| Gambar 4.2 L1 HHV basis..... | 41 |
| Gambar 4.3 L1 LHV basis..... | 41 |
| Gambar 4.4 L2 HHV basis..... | 42 |
| Gambar 4.5 L2 LHV basis..... | 43 |
| Gambar 4.6 L3 HHV basis..... | 43 |
| Gambar 4.7 L3 LHV basis..... | 44 |
| Gambar 4.8 L4 HHV basis..... | 44 |
| Gambar 4.9 L4 LHV basis..... | 45 |
| Gambar 4.10 L5 HHV basis..... | 45 |
| Gambar 4.11 L5 LHV basis..... | 46 |
| Gambar 4.12 L6 HHV basis..... | 46 |
| Gambar 4.13 L6 LHV basis..... | 47 |
| Gambar 4.14 L7 HHV basis..... | 47 |
| Gambar 4.15 L7 LHV basis..... | 48 |
| Gambar 4.16 L8 HHV basis..... | 48 |
| Gambar 4.17 L8 LHV basis..... | 49 |
| Gambar 4.18 L9 HHV basis..... | 49 |
| Gambar 4.19 L9 LHV basis..... | 50 |
| Gambar 4.20 L10 HHV basis..... | 50 |
| Gambar 21 L10 LHV basis..... | 51 |



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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Uap atau disingkat PLTU merupakan seperangkat pembangkit listrik yang mengubah energi kimia dalam bahan bakar fosil seperti batu bara, gas, minyak menjadi energi panas, energi mekanik dan akhirnya energi listrik melalui proses pembakaran sehingga menghasilkan panas yang digunakan untuk mengubah fasa air dalam *tube wall riser* menjadi uap penggerak turbin dan memutar generator [1].

Proses pembakaran mengeluarkan emisi berupa panas dan gas buang, *fly ash* (debu) dan *bottom ash* (abu). *Fly ash* dan *bottom ash* akan tertampung di silo, sedangkan panas dan gas buang dimanfaatkan untuk memanaskan air dan udara bahan bakar. Setelah gas buang dimanfaatkan panasnya, gas buang akan dikeluarkan melalui *chimney* atau cerobong. Gas buang ini mengandung produk-produk dari reaksi pembakaran dan residu. Residu yang keluar bersamaan dengan gas buang akan menempel pada *electrostatic precipitator*, sedangkan produk reaksi pembakaran berupa Oksigen (O_2), Karbon Dioksida (CO_2), Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida (NO_x) dan Sulfur Dioksida (SO_x) akan diluarkan ke udara bebas. Emisi yang dihasilkan dari proses pembakaran harus dipantau supaya tidak menimbulkan pencemaran udara. Salah satu bentuk pemantauan emisi yaitu dengan perhitungan kinerja pembakaran [2].

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, kinerja pembakaran atau kinerja pada boiler dapat dihitung dengan perhitungan langsung atau metode *input-output* yang menunjukkan kemampuan *burner* dalam membakar keseluruhan bahan bakar yang masuk ke dalam *boiler* atau ruang bakar. Selain perhitungan langsung, perhitungan tidak langsung pada kinerja boiler juga dapat dilakukan untuk mengetahui lebih rinci rugi-rugi panas pada proses pembakaran [3].

Penelitian sebelumnya terkait kinerja *boiler* [3] melakukan perhitungan dengan metode langsung. Maka dari itu, peneliti melakukan penelitian lanjutan



© 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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

yaitu melakukan perhitungan kinerja boiler dengan metode *input-output* dan metode *energy balance*. Metode *input-output* merupakan metode berdasarkan perbandingan panas yang dihasilkan oleh boiler terhadap total *input* bahan bakar. Metode *energy balance* merupakan metode berdasarkan rugi-rugi panas. Penelitian ini menggunakan ASME PTC 4-1998 sebagai referensi perhitungan kinerja boiler berdasarkan sumber data yaitu data sekunder performan tes PLTU X.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakangnya, penelitian ini memiliki rumusan masalah yaitu:

1. Perhitungan metode *input-output* pada kinerja boiler.
2. Perhitungan metode *energy balance* pada kinerja boiler.

1.3. Pertanyaan Penelitian

Pada penelitian ini ada beberapa permasalahan yang akan dibahas yaitu

1. Bagaimana perhitungan metode *input-output* pada kinerja boiler?
2. Bagaimana perhitungan metode *energy balance* pada kinerja boiler?

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Melakukan perhitungan metode *input-output* pada kinerja boiler.
2. Melakukan perhitungan metode *energy balance* pada kinerja boiler.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan melakukan perhitungan kinerja pembakaran pada boiler menggunakan metode *input-output* dan metode *energy balance*, dapat diketahui losses-losses yang ada pada proses pembakaran.

1.6. Sistematika Penulisan Skripsi

Dalam skripsi ini, terdapat sistematika penulisan sebagai berikut :

- a. BAB I PENDAHULUAN



© 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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan skripsi.

b. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan landasan teori yang berkaitan dengan topik penelitian diantaranya *boiler*, sistem operasi *boiler*, serta kinerja boiler berupa referensi perhitungan kedua metode.

c. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan jenis penelitian, objek penelitian, metode pengambilan sampel, jenis dan sumber data penelitian, metode pengumpulan data penelitian serta metode analisis data.

d. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil penelitian berupa data yang diperoleh, perhitungan serta analisis perhitungan berdasarkan metode *input-output* dan metode *energy balance*.

e. BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

**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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Perhitungan kinerja boiler metode *input-output* dilakukan dengan parameter *main steam flow* dan selisih entalpi uap dan air umpan sebagai Q_{out} dan parameter *fuel flow* dan nilai kalor batu bara sebagai Q_{in} . Hasil perhitungan kinerja boiler dengan metode *input-output* paling besar adalah data 2 yaitu sebesar 85,63%.
2. Perhitungan kinerja boiler metode *energy balance* dilakukan dengan menghitung *heat loss due to heat in dry flue gas* (L1), *heat loss due to moisture in fuel* (L2), *heat loss due to moisture from burning of hydrogen in fuel* (L3), *heat loss due to moisture in air* (L4), *heat loss due to combustible in refuse* (L5), *heat loss due to surface radiation and combustion* (L6), *heat loss due to unmeasured losses* (L7), *heat loss due to sensible heat in bottom ash* (L8), *heat loss due to sensible heat in fly ash* (L9), dan *heat loss due to formation carbon monoxide* (L10). Hasil perhitungan kinerja boiler dengan metode *energy balance* paling besar baik dari basis HHV maupun basis LHV adalah data 3 dengan nilai sebesar 88,3354% dan 92,6354%.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan terkait perhitungan kinerja boiler PLTU X dengan metode *input-output* dan metode *energy balance*

1. Industri yang melakukan perhitungan kinerja boiler berdasarkan perhitungan ASME PTC 4.1 sebaiknya melakukan perhitungan berdasarkan ASME PTC 4-1998 dimana dalam ASME PTC 4-1998 perhitungan yang dilakukan lebih mendetail.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. S. Y. L. K. Y. L. Xiao Wu, "Steam poer plant configuration, design and control," 2015.
- [2] ALLIN, "PERMENLHK NO P.15 2019 BAKU MUTU EMISI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA TERMAL," 2019. [Online].
- [3] A. Sugiharto, "Perhitungan Efisiensi Boiler dengan Metode Secara Langsung pada Boiler Pipa Api," 2019.
- [4] N. Fadhilla, "Analisa Pengaruh Terbentuknya Slagging dan Fouling Terhadap Kinerja Boiler pada Boiler Supercritical," 2019.
- [5] B. Rahman, "Kajian Efektivitas Ekonomizer pada Sistem Boiler Kapasitas 20T/h Tekanan 20Barg," 2020.
- [6] T. H. Assidiqy, "Dampak Ragam Batu Bara Terhadap Efisiensi Boiler PLTU X," 2021.
- [7] R. Afrianto, "Laporan Kerja Praktik di PT. PLN (Persero) Sektor Pembangkitan Ombilin Sistem Eksitasi Generator," 2012.
- [8] ALLIN, "PERMENLHK NO P.15 2019-LAMPIRAN XVI PERHITUNGAN KINERJA PEMBAKARAN," 2019.
- [9] T. A. S. o. M. Engineers, Fired Steam Generator ASME PTC 4-1998 Performance Test Code.

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 mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Lampiran 1 Analisis batu bara data 1-September

Coal Analysis

| Parameter | Symbol | Unit | Value | |
|----------------------------------|----------|--------------|----------|--|
| Fuel Higher Heating Value | | | | |
| Higher Heating Value (AR) | He | kcal/kg-f | 6,184.00 | |
| Proximate Analysis | | | | |
| Total Moisture Content (AR) | MFrWF | wt% | 5.830 | |
| Fixed Carbon Content (AR) | MFrFC | wt% | 44.25 | |
| Volatile Matter (AR) | MFrVm | wt% | 32.790 | |
| Ash Content (AR) | MFrAsF | wt% | 17.140 | |
| Total | | wt% | 100.0 | |
| Ultimate Analysis | | | | |
| Carbon Content (AR) | MpCF | wt% | 60.610 | |
| Hydrogen Content (AR) | MpH2F | wt% | 5.920 | |
| Oxygen Content (AR) | MpO2F | wt% | 8.880 | |
| Sulfur Content (AR) | MpSF | wt% | 0.830 | |
| Nitrogen Content (AR) | MpN2F | wt% | 0.790 | |
| Ash Content (AR) | MpAsF | wt% | 17.140 | |
| Moisture Content (AR) | MpWF | wt% | 5.830 | |
| Total | | wt% | 100.000 | |
| Ash Analysis | | | | |
| Carbon Content in Fly Ash | MpCfa | wt % | 5.230 | |
| Carbon Content in Bottom Ash | MpCba | wt % | 34.350 | |
| Fly Ash Split | xUCf | % | 0.900 | |
| Bottom Ash Split | xUCb | % | 0.100 | |
| Mass of Residue | MFrR/wdp | kg/kg fuel | 0.079 | |
| Carbon in Ash | MpCA | kg/kg refuse | 0.474 | |
| Unburn Carbon in Fuel | MpUbC | wt% | 0.038 | |
| Carbon Burned Content | MpCb | wt% | 60.572 | |

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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 2 Analisis batu bara data 2-Oktober

| Coal Analysis | | | |
|----------------------------------|---------------|--------------|--------------|
| Parameter | Symbol | Unit | Value |
| Fuel Higher Heating Value | | | |
| Higher Heating Value (AR) | Hc | kcal/kg-f | 6,067.00 |
| Proximate Analysis | | | |
| Total Moisture Content (AR) | MFrWF | wt% | 6.630 |
| Fixed Carbon Content (AR) | MFrFC | wt% | 42.83 |
| Volatile Matter (AR) | MFrVm | wt% | 32.800 |
| Ash Content (AR) | MFrAsF | wt% | 17.740 |
| Total | | wt% | 100.0 |
| Ultimate Analysis | | | |
| Carbon Content (AR) | MpCF | wt% | 52.870 |
| Hydrogen Content (AR) | MpH2F | wt% | 4.030 |
| Oxygen Content (AR) | MpO2F | wt% | 16.600 |
| Sulfur Content (AR) | MpSF | wt% | 0.730 |
| Nitrogen Content (AR) | MpN2F | wt% | 1.400 |
| Ash Content (AR) | MpAsF | wt% | 17.740 |
| Moisture Content (AR) | MpWF | wt% | 6.630 |
| Total | | wt% | 100.000 |
| Ash Analysis | | | |
| Carbon Content in Fly Ash | MpCfs | wt % | 5.830 |
| Carbon Content in Bottom Ash | MpCbs | wt % | 26.560 |
| Fly Ash Split | xUCf | % | 0.900 |
| Bottom Ash Split | xUCb | % | 0.100 |
| Mass of Residue | MFrR/wdp | kg/kg fuel | 0.079 |
| Carbon in Ash | MpCA | kg/kg refuse | 0.474 |
| Unburn Carbon in Fuel | MpUbc | wt% | 0.038 |
| Carbon Burned Content | MpCb | wt% | 52.832 |

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 Analisis batu bara data 3-November

Coal Analysis

| Parameter | Symbol | Unit | Value |
|----------------------------------|----------|--------------|----------|
| Fuel Higher Heating Value | | | |
| Higher Heating Value (AR) | Hc | kcal/kg-f | 6,262.00 |
| Proximate Analysis | | | |
| Total Moisture Content (AR) | MFrWF | wt% | 5.680 |
| Fixed Carbon Content (AR) | MFrFC | wt% | 44.33 |
| Volatile Matter (AR) | MFrVm | wt% | 33.810 |
| Ash Content (AR) | MFrAsF | wt% | 16.170 |
| Total | | wt% | 100.0 |
| Ultimate Analysis | | | |
| Carbon Content (AR) | MpCF | wt% | 59.910 |
| Hydrogen Content (AR) | MpH2F | wt% | 4.680 |
| Oxygen Content (AR) | MpO2F | wt% | 11.450 |
| Sulfur Content (AR) | MpSF | wt% | 0.670 |
| Nitrogen Content (AR) | MpN2F | wt% | 1.240 |
| Ash Content (AR) | MpAsF | wt% | 16.170 |
| Moisture Content (AR) | MpWF | wt% | 5.680 |
| Total | | wt% | 100.000 |
| Ash Analysis | | | |
| Carbon Content in Fly Ash | MpCfa | wt % | 4.350 |
| Carbon Content in Bottom Ash | MpCba | wt % | 14.390 |
| Fly Ash Split | xUCf | % | 0.900 |
| Bottom Ash Split | xUCb | % | 0.100 |
| Mass of Residue | MFrR/wdp | kg/kg fuel | 0.079 |
| Carbon in Ash | MpCA | kg/kg refuse | 0.474 |
| Unburn Carbon in Fuel | MpUbc | wt% | 0.038 |
| Carbon Burned Content | MpCb | wt% | 59.872 |

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



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4 Data Ambien

| | | | | |
|----------------|-------|---------|-------|-------|
| 6/2/2017 10:46 | 31.40 | 989.000 | 48.60 | 23.90 |
| 6/2/2017 10:47 | 31.40 | 989.000 | 48.60 | 23.90 |
| 6/2/2017 10:48 | 31.40 | 989.000 | 48.60 | 23.90 |
| 6/2/2017 10:49 | 31.40 | 989.000 | 48.60 | 23.90 |
| 6/2/2017 10:50 | 31.40 | 989.000 | 48.60 | 23.90 |
| 6/2/2017 10:51 | 31.40 | 989.000 | 48.60 | 23.90 |
| 6/2/2017 10:52 | 31.40 | 989.000 | 48.60 | 23.90 |
| 6/2/2017 10:53 | 31.40 | 989.000 | 48.60 | 23.90 |
| 6/2/2017 10:54 | 31.40 | 989.000 | 48.60 | 23.90 |
| 6/2/2017 10:55 | 31.40 | 989.000 | 48.60 | 23.90 |
| 6/2/2017 10:56 | 31.40 | 989.000 | 48.60 | 23.90 |
| 6/2/2017 10:57 | 31.40 | 989.000 | 48.60 | 23.90 |
| 6/2/2017 10:58 | 31.40 | 989.000 | 48.60 | 23.90 |
| 6/2/2017 10:59 | 31.40 | 989.000 | 48.60 | 23.90 |
| 6/2/2017 11:00 | 31.70 | 988.000 | 48.50 | 23.90 |
| 6/2/2017 11:01 | 31.70 | 988.000 | 48.50 | 23.90 |
| 6/2/2017 11:02 | 31.70 | 988.000 | 48.50 | 23.90 |
| 6/2/2017 11:03 | 31.70 | 988.000 | 48.50 | 23.90 |
| 6/2/2017 11:04 | 31.70 | 988.000 | 48.50 | 23.90 |
| 6/2/2017 11:05 | 31.70 | 988.000 | 48.50 | 23.90 |
| 6/2/2017 11:06 | 31.70 | 988.000 | 48.50 | 23.90 |
| 6/2/2017 11:07 | 31.70 | 988.000 | 48.50 | 23.90 |
| 6/2/2017 11:08 | 31.70 | 988.000 | 48.50 | 23.90 |
| 6/2/2017 11:09 | 31.70 | 988.000 | 48.50 | 23.90 |
| 6/2/2017 11:10 | 31.70 | 988.000 | 48.50 | 23.90 |
| 6/2/2017 11:11 | 31.70 | 988.000 | 48.50 | 23.90 |
| 6/2/2017 11:12 | 31.70 | 988.000 | 48.50 | 23.90 |
| 6/2/2017 11:13 | 31.70 | 988.000 | 48.50 | 23.90 |
| 6/2/2017 11:14 | 31.70 | 988.000 | 48.50 | 23.90 |
| 6/2/2017 11:15 | 31.70 | 988.000 | 48.50 | 23.90 |
| 6/2/2017 11:16 | 31.60 | 988.000 | 48.50 | 22.90 |
| 6/2/2017 11:17 | 31.60 | 988.000 | 48.50 | 22.90 |
| 6/2/2017 11:18 | 31.60 | 988.000 | 48.50 | 22.90 |
| 6/2/2017 11:19 | 31.60 | 988.000 | 48.50 | 22.90 |
| 6/2/2017 11:20 | 31.60 | 988.000 | 48.50 | 22.90 |
| 6/2/2017 11:21 | 31.60 | 988.000 | 48.50 | 22.90 |
| 6/2/2017 11:22 | 31.60 | 988.000 | 48.50 | 22.90 |
| 6/2/2017 11:23 | 31.60 | 988.000 | 48.50 | 22.90 |
| 6/2/2017 11:24 | 31.60 | 988.000 | 48.50 | 22.90 |
| 6/2/2017 11:25 | 31.60 | 988.000 | 48.50 | 22.90 |
| 6/2/2017 11:26 | 31.60 | 988.000 | 48.50 | 22.90 |
| 6/2/2017 11:27 | 31.60 | 988.000 | 48.50 | 22.90 |
| 6/2/2017 11:28 | 31.60 | 988.000 | 48.50 | 22.90 |
| Average | 31.53 | 989.13 | 49.11 | 23.18 |

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



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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5 Superheated Water Steam Table

922 | Thermodynamics

TABLE A-6

Superheated water (Continued)

| T °C | v m ³ /kg | u kJ/kg | h kJ/kg | s kJ/kg · K | v m ³ /kg | u kJ/kg | h kJ/kg | s kJ/kg · K | v m ³ /kg | u kJ/kg | h kJ/kg | s kJ/kg · K |
|------------------------|-------------------------|------------|------------|-------------------------|-------------------------|------------|------------|-------------------------|-------------------------|------------|------------|----------------|
| P = 4.0 MPa (250.35°C) | | | | P = 4.5 MPa (257.44°C) | | | | P = 5.0 MPa (263.94°C) | | | | |
| Sat. | 0.04978 | 2601.7 | 2800.8 | 6.0696 | 0.04406 | 2599.7 | 2798.0 | 6.0198 | 0.03945 | 2597.0 | 2794.2 | 5.9737 |
| 275 | 0.05461 | 2668.9 | 2887.3 | 6.2312 | 0.04733 | 2651.4 | 2864.4 | 6.1429 | 0.04144 | 2632.3 | 2839.5 | 6.0571 |
| 300 | 0.05887 | 2726.2 | 2961.7 | 6.3639 | 0.05138 | 2713.0 | 2944.2 | 6.2854 | 0.04535 | 2699.0 | 2925.7 | 6.2111 |
| 350 | 0.06647 | 2827.4 | 3093.3 | 6.5843 | 0.05842 | 2818.6 | 3081.5 | 6.5153 | 0.05197 | 2809.5 | 3069.3 | 6.4516 |
| 400 | 0.07343 | 2920.8 | 3214.5 | 6.7714 | 0.06477 | 2914.2 | 3205.7 | 6.7071 | 0.05784 | 2907.5 | 3196.7 | 6.6483 |
| 450 | 0.08004 | 3011.0 | 3331.2 | 6.9386 | 0.07076 | 3005.8 | 3324.2 | 6.8770 | 0.06332 | 3000.6 | 3317.2 | 6.8210 |
| 500 | 0.08644 | 3100.3 | 3446.0 | 7.0922 | 0.07652 | 3096.0 | 3440.4 | 7.0323 | 0.06858 | 3091.8 | 3434.7 | 6.9781 |
| 600 | 0.09886 | 3279.4 | 3674.9 | 7.3706 | 0.08766 | 3276.4 | 3670.9 | 7.3127 | 0.07870 | 3273.3 | 3666.9 | 7.2605 |
| 700 | 0.11098 | 3462.4 | 3906.3 | 7.6214 | 0.09850 | 3460.0 | 3903.3 | 7.5647 | 0.08852 | 3457.7 | 3900.3 | 7.5136 |
| 800 | 0.12292 | 3650.6 | 4142.3 | 7.8523 | 0.10916 | 3648.8 | 4140.0 | 7.7962 | 0.09816 | 3646.9 | 4137.7 | 7.7458 |
| 900 | 0.13476 | 3844.8 | 4383.9 | 8.0675 | 0.11972 | 3843.3 | 4382.1 | 8.0118 | 0.10769 | 3841.8 | 4380.2 | 7.9619 |
| 1000 | 0.14653 | 4045.1 | 4631.2 | 8.2698 | 0.13020 | 4043.9 | 4629.8 | 8.2144 | 0.11715 | 4042.6 | 4628.3 | 8.1648 |
| 1100 | 0.15824 | 4251.4 | 4884.4 | 8.4612 | 0.14064 | 4250.4 | 4883.2 | 8.4060 | 0.12655 | 4249.3 | 4882.1 | 8.3566 |
| 1200 | 0.16992 | 4463.5 | 5143.2 | 8.6430 | 0.15103 | 4462.6 | 5142.2 | 8.5880 | 0.13592 | 4461.6 | 5141.3 | 8.5388 |
| 1300 | 0.18157 | 4680.9 | 5407.2 | 8.8164 | 0.16140 | 4680.1 | 5406.5 | 8.7616 | 0.14527 | 4679.3 | 5405.7 | 8.7124 |
| P = 6.0 MPa (275.59°C) | | | | P = 7.0 MPa (285.83°C) | | | | P = 8.0 MPa (295.01°C) | | | | |
| Sat. | 0.03245 | 2589.9 | 2784.6 | 5.8902 | 0.027378 | 2581.0 | 2772.6 | 5.8148 | 0.023525 | 2570.5 | 2758.7 | 5.7450 |
| 300 | 0.03619 | 2668.4 | 2885.6 | 6.0703 | 0.029492 | 2633.5 | 2839.9 | 5.9337 | 0.024279 | 2592.3 | 2786.5 | 5.7937 |
| 350 | 0.04225 | 2790.4 | 3043.9 | 6.3357 | 0.035252 | 2770.1 | 3016.9 | 6.2305 | 0.029975 | 2748.3 | 2988.1 | 6.1321 |
| 400 | 0.04742 | 2893.7 | 3178.3 | 6.5432 | 0.039958 | 2879.5 | 3159.2 | 6.4502 | 0.034344 | 2864.6 | 3139.4 | 6.3658 |
| 450 | 0.05217 | 2989.9 | 3302.9 | 6.7219 | 0.044187 | 2979.0 | 3288.3 | 6.6353 | 0.038194 | 2967.8 | 3273.3 | 6.5579 |
| 500 | 0.05667 | 3083.1 | 3423.1 | 6.8826 | 0.048157 | 3074.3 | 3411.4 | 6.8000 | 0.041767 | 3065.4 | 3399.5 | 6.7266 |
| 550 | 0.06102 | 3175.2 | 3541.3 | 7.0308 | 0.051966 | 3167.9 | 3531.6 | 6.9507 | 0.045172 | 3160.5 | 3521.8 | 6.8800 |
| 600 | 0.06527 | 3267.2 | 3658.8 | 7.1693 | 0.055665 | 3261.0 | 3650.6 | 7.0910 | 0.048463 | 3254.7 | 3642.4 | 7.0221 |
| 700 | 0.07355 | 3453.0 | 3894.3 | 7.4247 | 0.062850 | 3448.3 | 3888.3 | 7.3487 | 0.054829 | 3443.6 | 3882.2 | 7.2822 |
| 800 | 0.08165 | 3643.2 | 4133.1 | 7.6582 | 0.069856 | 3639.5 | 4128.5 | 7.5836 | 0.061011 | 3635.7 | 4123.8 | 7.5185 |
| 900 | 0.08964 | 3838.8 | 4376.6 | 7.8751 | 0.076750 | 3835.7 | 4373.0 | 7.8014 | 0.067082 | 3832.7 | 4369.3 | 7.7372 |
| 1000 | 0.09756 | 4040.1 | 4625.4 | 8.0786 | 0.083571 | 4037.5 | 4622.5 | 8.0055 | 0.073079 | 4035.0 | 4619.6 | 7.9419 |
| 1100 | 0.10543 | 4247.1 | 4879.7 | 8.2709 | 0.090341 | 4245.0 | 4877.4 | 8.1982 | 0.079025 | 4242.8 | 4875.0 | 8.1350 |
| 1200 | 0.11326 | 4459.8 | 5139.4 | 8.4534 | 0.097075 | 4457.9 | 5137.4 | 8.3810 | 0.084934 | 4456.1 | 5135.5 | 8.3181 |
| 1300 | 0.12107 | 4677.7 | 5404.1 | 8.6273 | 0.103781 | 4676.1 | 5402.6 | 8.5551 | 0.090817 | 4674.5 | 5401.0 | 8.4925 |
| P = 9.0 MPa (303.35°C) | | | | P = 10.0 MPa (311.00°C) | | | | P = 12.5 MPa (327.81°C) | | | | |
| Sat. | 0.020489 | 2558.5 | 2742.9 | 5.6791 | 0.018028 | 2545.2 | 2725.5 | 5.6159 | 0.013496 | 2505.6 | 2674.3 | 5.4638 |
| 325 | 0.023284 | 2647.5 | 2857.1 | 5.8738 | 0.019877 | 2611.6 | 2810.3 | 5.7596 | | | | |
| 350 | 0.025816 | 2725.0 | 2957.3 | 6.0380 | 0.022440 | 2699.6 | 2924.0 | 5.9160 | 0.016138 | 2624.9 | 2826.6 | 5.7130 |
| 400 | 0.029960 | 2849.2 | 3118.8 | 6.2876 | 0.026436 | 2833.1 | 3097.5 | 6.2141 | 0.020030 | 2789.6 | 3040.0 | 6.0433 |
| 450 | 0.033524 | 2956.3 | 3258.0 | 6.4872 | 0.029782 | 2944.5 | 3242.4 | 6.4219 | 0.023019 | 2913.7 | 3201.5 | 6.2749 |
| 500 | 0.036793 | 3056.3 | 3387.4 | 6.6603 | 0.032811 | 3047.0 | 3375.1 | 6.5995 | 0.025630 | 3023.2 | 3343.6 | 6.4651 |
| 550 | 0.039885 | 3153.0 | 3512.0 | 6.8164 | 0.035655 | 3145.4 | 3502.0 | 6.7585 | 0.028033 | 3126.1 | 3476.5 | 6.6317 |
| 600 | 0.042861 | 3248.4 | 3634.1 | 6.9605 | 0.038378 | 3242.0 | 3625.8 | 6.9045 | 0.030306 | 3225.8 | 3604.6 | 6.7828 |
| 650 | 0.045755 | 3343.4 | 3755.2 | 7.0954 | 0.041018 | 3338.0 | 3748.1 | 7.0408 | 0.032491 | 3324.1 | 3730.2 | 6.9227 |
| 700 | 0.048589 | 3438.8 | 3876.1 | 7.2229 | 0.043597 | 3434.0 | 3870.0 | 7.1693 | 0.034612 | 3422.0 | 3854.6 | 7.0540 |
| 800 | 0.054132 | 3632.0 | 4119.2 | 7.4606 | 0.048629 | 3628.2 | 4114.5 | 7.4085 | 0.038724 | 3618.8 | 4102.8 | 7.2967 |
| 900 | 0.059562 | 3829.6 | 4365.7 | 7.6802 | 0.053547 | 3826.5 | 4362.0 | 7.6290 | 0.042720 | 3818.9 | 4352.9 | 7.5195 |
| 1000 | 0.064919 | 4032.4 | 4616.7 | 7.8855 | 0.058391 | 4029.9 | 4613.8 | 7.8349 | 0.046641 | 4023.5 | 4606.5 | 7.7269 |
| 1100 | 0.070224 | 4240.7 | 4872.7 | 8.0791 | 0.063183 | 4238.5 | 4870.3 | 8.0289 | 0.050510 | 4233.1 | 4864.5 | 7.9220 |
| 1200 | 0.075492 | 4454.2 | 5133.6 | 8.2625 | 0.067938 | 4452.4 | 5131.7 | 8.2126 | 0.054342 | 4447.7 | 5127.0 | 8.1065 |
| 1300 | 0.080733 | 4672.9 | 5399.5 | 8.4371 | 0.072667 | 4671.3 | 5398.0 | 8.3874 | 0.058147 | 4667.3 | 5394.1 | 8.2819 |



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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 6 Compressed Liquid Water Table

TABLE A-7

Compressed liquid water

| <i>T</i> °C | <i>v</i> m ³ /kg | <i>u</i> kJ/kg | <i>h</i> kJ/kg | <i>s</i> kJ/kg · K | <i>v</i> m ³ /kg | <i>u</i> kJ/kg | <i>h</i> kJ/kg | <i>s</i> kJ/kg · K | <i>v</i> m ³ /kg | <i>u</i> kJ/kg | <i>h</i> kJ/kg | <i>s</i> kJ/kg |
|-----------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| P = 5 MPa (263.94°C) | | | | P = 10 MPa (311.00°C) | | | | P = 15 MPa (342.16°C) | | | | |
| Sat. | 0.0012862 | 1148.1 | 1154.5 | 2.9207 | 0.0014522 | 1393.3 | 1407.9 | 3.3603 | 0.0016572 | 1585.5 | 1610.3 | 3.68 |
| 0 | 0.0009977 | 0.04 | 5.03 | 0.0001 | 0.0009952 | 0.12 | 10.07 | 0.0003 | 0.0009928 | 0.18 | 15.07 | 0.00 |
| 20 | 0.0009996 | 83.61 | 88.61 | 0.2954 | 0.0009973 | 83.31 | 93.28 | 0.2943 | 0.0009951 | 83.01 | 97.93 | 0.29 |
| 40 | 0.0010057 | 166.92 | 171.95 | 0.5705 | 0.0010035 | 166.33 | 176.37 | 0.5685 | 0.0010013 | 165.75 | 180.77 | 0.56 |
| 60 | 0.0010149 | 250.29 | 255.36 | 0.8287 | 0.0010127 | 249.43 | 259.55 | 0.8260 | 0.0010105 | 248.58 | 263.74 | 0.82 |
| 80 | 0.0010267 | 333.82 | 338.96 | 1.0723 | 0.0010244 | 332.69 | 342.94 | 1.0691 | 0.0010221 | 331.59 | 346.92 | 1.06 |
| 100 | 0.0010410 | 417.65 | 422.85 | 1.3034 | 0.0010385 | 416.23 | 426.62 | 1.2996 | 0.0010361 | 414.85 | 430.39 | 1.29 |
| 120 | 0.0010576 | 501.91 | 507.19 | 1.5236 | 0.0010549 | 500.18 | 510.73 | 1.5191 | 0.0010522 | 498.50 | 514.28 | 1.51 |
| 140 | 0.0010769 | 586.80 | 592.18 | 1.7344 | 0.0010738 | 584.72 | 595.45 | 1.7293 | 0.0010708 | 582.69 | 598.75 | 1.72 |
| 160 | 0.0010988 | 672.55 | 678.04 | 1.9374 | 0.0010954 | 670.06 | 681.01 | 1.9316 | 0.0010920 | 667.63 | 684.01 | 1.92 |
| 180 | 0.0011240 | 759.47 | 765.09 | 2.1338 | 0.0011200 | 756.48 | 767.68 | 2.1271 | 0.0011160 | 753.58 | 770.32 | 2.12 |
| 200 | 0.0011531 | 847.92 | 853.68 | 2.3251 | 0.0011482 | 844.32 | 855.80 | 2.3174 | 0.0011435 | 840.84 | 858.00 | 2.31 |
| 220 | 0.0011868 | 938.39 | 944.32 | 2.5127 | 0.0011809 | 934.01 | 945.82 | 2.5037 | 0.0011752 | 929.81 | 947.43 | 2.49 |
| 240 | 0.0012268 | 1031.6 | 1037.7 | 2.6983 | 0.0012192 | 1026.2 | 1038.3 | 2.6876 | 0.0012121 | 1021.0 | 1039.2 | 2.67 |
| 260 | 0.0012755 | 1128.5 | 1134.9 | 2.8841 | 0.0012653 | 1121.6 | 1134.3 | 2.8710 | 0.0012560 | 1115.1 | 1134.0 | 2.85 |
| 280 | | | | | 0.0013226 | 1221.8 | 1235.0 | 3.0565 | 0.0013096 | 1213.4 | 1233.0 | 3.04 |
| 300 | | | | | 0.0013980 | 1329.4 | 1343.3 | 3.2488 | 0.0013783 | 1317.6 | 1338.3 | 3.22 |
| 320 | | | | | | | | | 0.0014733 | 1431.9 | 1454.0 | 3.42 |
| 340 | | | | | | | | | 0.0016311 | 1567.9 | 1592.4 | 3.65 |
| P = 20 MPa (365.75°C) | | | | P = 30 MPa | | | | P = 50 MPa | | | | |
| Sat. | 0.0020378 | 1785.8 | 1826.6 | 4.0146 | 0.0009857 | 0.29 | 29.86 | 0.0003 | 0.0009767 | 0.29 | 49.13 | -0.00 |
| 0 | 0.0009904 | 0.23 | 20.03 | 0.0005 | 0.0009886 | 82.11 | 111.77 | 0.2897 | 0.0009805 | 80.93 | 129.95 | 0.28 |
| 20 | 0.0009929 | 82.71 | 102.57 | 0.2921 | 0.0009951 | 164.05 | 193.90 | 0.5607 | 0.0009872 | 161.90 | 211.25 | 0.55 |
| 40 | 0.0009992 | 165.17 | 185.16 | 0.5646 | 0.0010042 | 246.14 | 276.26 | 0.8156 | 0.0009962 | 243.08 | 292.88 | 0.80 |
| 60 | 0.0010084 | 247.75 | 267.92 | 0.8208 | 0.0010155 | 328.40 | 358.86 | 1.0564 | 0.0010072 | 324.42 | 374.78 | 1.04 |
| 80 | 0.0010199 | 330.50 | 350.90 | 1.0627 | 0.0010290 | 410.87 | 441.74 | 1.2847 | 0.0010201 | 405.94 | 456.94 | 1.27 |
| 100 | 0.0010337 | 413.50 | 434.17 | 1.2920 | 0.0010445 | 493.66 | 525.00 | 1.5020 | 0.0010349 | 487.69 | 539.43 | 1.48 |
| 120 | 0.0010496 | 496.85 | 517.84 | 1.5105 | 0.0010623 | 576.90 | 608.76 | 1.7098 | 0.0010517 | 569.77 | 622.36 | 1.69 |
| 140 | 0.0010679 | 580.71 | 602.07 | 1.7194 | 0.0010823 | 660.74 | 693.21 | 1.9094 | 0.0010704 | 652.33 | 705.85 | 1.88 |
| 160 | 0.0010886 | 665.28 | 687.05 | 1.9203 | 0.0011049 | 745.40 | 778.55 | 2.1020 | 0.0010914 | 735.49 | 790.06 | 2.07 |
| 180 | 0.0011122 | 750.78 | 773.02 | 2.1143 | 0.0011304 | 831.11 | 865.02 | 2.2888 | 0.0011149 | 819.45 | 875.19 | 2.26 |
| 200 | 0.0011390 | 837.49 | 860.27 | 2.3027 | 0.0011595 | 918.15 | 952.93 | 2.4707 | 0.0011412 | 904.39 | 961.45 | 2.44 |
| 220 | 0.0011697 | 925.77 | 949.16 | 2.4867 | 0.0011927 | 1006.9 | 1042.7 | 2.6491 | 0.0011708 | 990.55 | 1049.1 | 2.61 |
| 240 | 0.0012053 | 1016.1 | 1040.2 | 2.6676 | 0.0012314 | 1097.8 | 1134.7 | 2.8250 | 0.0012044 | 1078.2 | 1138.4 | 2.78 |
| 260 | 0.0012472 | 1109.0 | 1134.0 | 2.8469 | 0.0012770 | 1191.5 | 1229.8 | 3.0001 | 0.0012430 | 1167.7 | 1229.9 | 2.95 |
| 280 | 0.0012978 | 1205.6 | 1231.5 | 3.0265 | 0.0013322 | 1288.9 | 1328.9 | 3.1761 | 0.0012879 | 1259.6 | 1324.0 | 3.12 |
| 300 | 0.0013611 | 1307.2 | 1334.4 | 3.2091 | 0.0014014 | 1391.7 | 1433.7 | 3.3558 | 0.0013409 | 1354.3 | 1421.4 | 3.28 |
| 320 | 0.0014450 | 1416.6 | 1445.5 | 3.3996 | 0.0014932 | 1502.4 | 1547.1 | 3.5438 | 0.0014049 | 1452.9 | 1523.1 | 3.45 |
| 340 | 0.0015693 | 1540.2 | 1571.6 | 3.6086 | 0.0016276 | 1626.8 | 1675.6 | 3.7499 | 0.0014848 | 1556.5 | 1630.7 | 3.63 |
| 360 | 0.0018248 | 1703.6 | 1740.1 | 3.8787 | 0.0018729 | 1782.0 | 1838.2 | 4.0026 | 0.0015884 | 1667.1 | 1746.5 | 3.81 |