

SKRIPSI

ANALISA EFEKTIVITAS BOILER TIPE WATER TUBE DENGAN MENGGUNAKAN METODE LANGSUNG PADA PT.PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



FAUZAN ABDUL AZIZ

03051181320015

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2019

SKRIPSI
ANALISA EFEKTIVITAS BOILER TIPE WATER
TUBE DENGAN MENGGUNAKAN METODE
LANGSUNG PADA PT.PUPUK SRIWIDJAJA
PALEMBANG



OLEH:
FAUZAN ABDUL AZIZ
03051181320015

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA EFEKTIVITAS BOILER TIPE WATER TUBE DENGAN MENGGUNAKAN METODE LANGSUNG PADA PT.PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

Fauzan Abdul Aziz
03051181320015

Indralaya, Agustus 2019

Dosen Pembimbing

Ir. Firmansyah Burdian, M.T.
NIP. 195612271988111001



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :**

SKRIPSI

**Nama : FAUZAN ABDUL AZIZ
NIM : 03051181320015
Jurusan : TEKNIK MESIN
Judul Skripsi : ANALISA EFEKTIVITAS BOILER TIPE
WATER TUBE DENGAN MENGGUNAKAN
METODE LANGSUNG PADA PT.PUPUK
SRIWIDJAJA PALEMBANG
Dibuat Tanggal : FEBRUARI 2019
Selesai Tanggal : AGUSTUS 2019**

Indralaya, Agustus 2019

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



**Irsyadi Yanti, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001**

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Analisa efektivitas boiler tipe *water tube* dengan menggunakan metode langsung pada PT.Pupuk Sriwidjaja Palembang” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 10 Juli 2019.

Inderalaya, 10 Juli 2019

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua:

1. Dr. Fajri Vidian S.T., M.T.
NIP. 197207162006041002

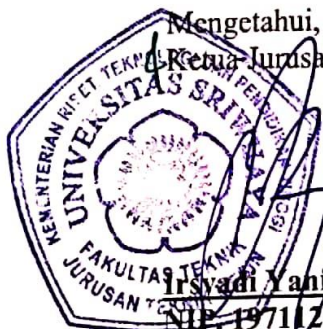
(.....)

Anggota :

2. Aneka Firdaus, S.T., M.T.
NIP. 197502261999031001
3. Astuti, S.T., M.T.
NIP. 197210081998022001

(.....)

(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001

Pembimbing Skripsi,


Ir. Firmansyah Burlian, M.T.
NIP. 195612271988111001

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fauzan Abdul Aziz

NIM : 03051181320015

Judul : Analisa Efektivitas Boiler Tipe Water Tube Dengan Menggunakan Metode Langsung Pada PT.Pupuk Sriwidjaja Palembang.

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik, apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*).

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

Indralaya, Agustus 2019


Fauzan Abdul Aziz
NIM. 03051181320015

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fauzan Abdul Aziz

NIM : 03051181320015

Judul : Analisa Efektivitas Boiler Tipe Water Tube Dengan Menggunakan Metode Langsung Pada PT.Pupuk Sriwidjaja Palembang

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan / plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan / plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, Agustus 2019



Fauzan Abdul Aziz
NIM. 03051181320015

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur bagi Allah SWT karena berkat nikmat, karunia, dan kesempatannya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisa Efektivitas *Boiler Tipe Water Tube* Dengan Menggunakan Metode Langsung Pada PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang”. Penulisan skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu bagian prasyarat kelulusan program kesarjanaan Universitas Sriwijaya Kampus Indralaya Jurusan Teknik Mesin.

Dalam penulisan skripsi ini penulis banyak mengucapkan terima kasih kepada beberapa pihak yang membantu menyelesaikan skripsi, terutama Ibu dan Bapak penulis serta kakak-kakak penulis dan seluruh keluarga yang tiada hentinya selalu menyemangati dan mendoakan penulis, karenanya penulisan skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa, karena rahmat-Nya, anugerah ilmu, kesempatan dan kesehatan dari-Nya penulis mampu melaksanakan riset dan menyelesaikan skripsi yang penulis buat.
2. Bapak Ir. Firmansyah Burlian, M.T. selaku pembimbing skripsi Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Prof. Ir. Hasan Basri, Ph.D. sebagai dosen pembimbing akademik yang telah memberikan masukan dan arahan selama perkuliahan.
4. PT. Pupuk Sriwidjaja yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan riset.
5. Bapak Dr. Fajri Vidian S.T., M.T., Bapak Aneka Firdaus S.T., M.T., dan Ibu Astuti, S.T., M.T. selaku penguji sidang sarjana.
6. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya atas segala ilmu dan dedikasinya selama perkuliahan dan seluruh staf pegawai Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang telah membantu

penulis baik selama masa perkuliahan maupun dalam menyelesaikan skripsi.

7. Orang tua penulis Ayah dan Ibu (M. Rasip Yacub dan Rogayah Thoyib) yang selalu mendoakan dan menyemangati penulis serta kakak penulis (M. Ali Fakhar Y) yang turut memberikan motivasi untuk penulis.
8. Seluruh keluarga penulis yang ada di Palembang tempat penulis tinggal yang telah memberikan nasihat dan motivasinya.
9. Serta teman-teman seperjuangan Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya angkatan 2013.

Laporan ini masih memiliki kekurangan di dalamnya, sehingga saya sebagai penulis memohon maaf atas kesalahan penulisan yang dilakukan dan juga berharap dengan adanya laporan riset ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membacanya. Terima kasih atas perhatiannya untuk membaca laporan ini.

Indralaya, Agustus 2019

Penulis

RINGKASAN

ANALISA EFEKTIVITAS BOILER TIPE WATER TUBE DENGAN MENGGUNAKAN METODE LANGSUNG PADA PT. PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG.

Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi, Juli 2019

Fauzan Abdul Aziz; Dibimbing oleh Ir. Firmansyah Burlian, M.T.

ANALYSIS OF WATER TUBE TYPE BOILER EFFECTIVENESS USING DIRECT METHOD AT PT. PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG.

xxiv + 47 halaman, 17 tabel, 10 gambar, 4 lampiran

RINGKASAN

Kebutuhan akan pupuk sebagai penunjang ketahanan pangan terus meningkat. Untuk memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat, banyak cara dilakukan. Salah satunya adalah dengan menjaga efisiensi peralatan pabrik. Efisiensi ini dapat meliputi efisiensi alat, efisiensi penggunaan bahan baku, efisiensi penggunaan bahan bakar, dll. Beberapa teknologi yang digunakan di dalam pabrik adalah peralatan rotating, peralatan statik, peralatan listrik, dan peralatan instrumen. Pada istilah teknik, peralatan statik ditujukan untuk seluruh peralatan yang memiliki gerakan statik atau diam dan tidak memiliki peralatan berputar saat beroperasi. Salah satu peralatan statik dalam produksi adalah boiler. Berdasarkan fungsinya, *boiler* digunakan untuk memproduksi *steam* bertekanan. Pada PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang *steam* yang dihasilkan *boiler*, digunakan untuk menggerakkan turbin uap ataupun digunakan dalam proses pembentukan amoniak. Efisiensi termal pada *boiler*

didefinisikan sebagai persentase energi panas masuk yang dimanfaatkan untuk menghasilkan *steam*. Metode langsung merupakan pengukuran efisiensi dengan cara membandingkan energi yang diterima oleh fluida kerja dan energi pada bahan bakar *boiler*. Nilai kalor pembakaran adalah energi panas yang dilepaskan ketika suatu materi mengalami pembakaran secara sempurna dengan oksigen. Untuk menghitung nilai panas yang dihasilkan terdapat dua variabel yang bisa dijadikan acuan yaitu *low heating value* (LHV) dan *high heating value* (HHV). Penelitian ini dilakukan pada paket *boiler* tipe *water tube* dengan bahan bakar gas alam pada *plant* utilitas pabrik P.1B PT Pupuk Sriwidjaja Palembang. Data yang akan diambil adalah data operasional *boiler* dari tanggal 4 Mei 2019 sampai dengan 9 Mei 2019 dengan nilai kalor pembakaran menggunakan acuan *high heating value* (HHV). Berdasarkan penelitian, nilai laju aliran massa *steam* terendah berada pada nilai $\dot{m}_{steam} = 20.67$ Kg/s, sedangkan nilai laju aliran massa *steam* tertinggi berada pada nilai $\dot{m}_{steam} = 22.95$ Kg/s. Efisiensi *boiler* tertinggi yaitu $\eta = 76.71\%$ sedangkan nilai efisiensi *boiler* terendah yaitu $\eta = 64.26\%$. Dari *trendline* pada grafik terlihat bahwa laju aliran massa *steam* berbanding lurus terhadap efisiensi *boiler*, artinya semakin besar laju aliran massa *steam* maka efisiensi dari *boiler* tersebut juga semakin besar. Efisiensi tertinggi terjadi saat *boiler* berada pada $\dot{m}_{steam} = 22.95$ Kg/s, tetapi belum dapat disimpulkan jika $\dot{m}_{steam} = 22,95$ Kg/s merupakan *peak performance* dari *boiler* karena sampai laju aliran massa tertinggi sebesar $\dot{m}_{steam} = 22,95$ Kg/s, *trendline* efisiensi pada grafik masih terus terlihat naik.

Kata Kunci: *boiler*, tipe *water tube*, HHV, efektivitas, laju aliran massa uap

SUMMARY

ANALYSIS OF WATER TUBE TYPE BOILER EFFECTIVENESS USING
DIRECT METHOD AT PT. PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG.

Scientific writing in the form of Thesis, July 2019

Fauzan Abdul Aziz; Supervised by Ir. Firmansyah Burlian, M.T.

ANALISA EFEKTIVITAS BOILER TIPE WATER TUBE DENGAN
MENGUNAKAN METODE LANGSUNG PADA PT. PUPUK
SRIWIDJAJA PALEMBANG.

xxiv + 47 pages, 17 tables, 10 images, 4 attachments

SUMMARY

The need for fertilizer as an instrumental to support food security continues to increase. To meet the increasing market demand, many methods are used. One of the methods is to maintain the efficiency of factory equipment. These efficiencies can include tool efficiency, efficient use of raw materials, efficient use of fuel, etc. Some of the technologies used in the factory are rotating equipment, static equipment, electrical equipment, and instrument equipment. In engineering terms, static equipment is intended for all equipment that has static or stationary movements and does not have rotating equipment during operation. One of the static equipment is a boiler. Boiler main function is to produce pressurized steam. PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang used pressurized steam which was produced by the boiler to either make steam turbine moved and operated or to help the process of ammonia formation. Thermal efficiency of boiler is defined as the percentage of heat energy used to produce steam.

With direct method measurement, efficiency of boiler is measured by comparing the energy that was received by working fluid with the heat of combustion. The heat of combustion is the energy released as heat when a substance undergoes complete combustion with oxygen. To calculate the heating value that was released by fuel, there are two variables which could be used as a reference, low heating value (LHV) and high heating value (HHV). This research was conducted at a package boiler of water tube type with natural gas fuel in Utility plant P.1B PT Pupuk Sriwidjaja Palembang. Data which was taken is operational data of boiler on 04 May 2019 until 09 Mei 2019 with the heating value of combustion using high heating value (HHV) as the reference. According to the research, the lowest steam mass flow rate is $\dot{m}_{\text{steam}} = 20.67 \text{ Kg/s}$, while the highest steam mass flow rate is $\dot{m}_{\text{steam}} = 22.95 \text{ Kg/s}$. The highest boiler efficiency is $\eta = 76.71\%$ while the lowest boiler efficiency value is $\eta = 64.26\%$. According to trendline in the graph it could be seen that the steam mass flow rate is directly proportional to the boiler efficiency, meaning that the greater the steam mass flow rate, will result to the better efficiency of the boiler. the highest efficiency happened when boiler is having $\dot{m}_{\text{steam}} = 22.95 \text{ Kg/s}$ with the efficiency of 76.71%, but it couldn't be concluded yet whether the $\dot{m}_{\text{steam}} = 22,95 \text{ Kg/s}$ is the peak performance of boiler or not, because until the highest steam mass flow rate at $\dot{m}_{\text{steam}} = 22,95 \text{ Kg/s}$, trendline of efficiency in the chart is still looks rising.

Keywords: boiler, water tube type, HHV, effectiveness, steam mass flow rate

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xix
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Alat Penukar Kalor.....	5
2.2 Boiler.....	6
2.3 Komponen Utama dari Boiler	6
2.4 Diagram Ts Boiler.....	9
2.5 Klasifikasi Boiler	10
2.5.1 Klasifikasi Berdasarkan Fungsi atau Aplikasi	11
2.5.2 Klasifikasi Berdasarkan Tekanan.....	11
2.5.3 Klasifikasi Berdasarkan Metode Sirkulasi Fluida.....	11
2.5.4 Klasifikasi Berdasarkan Metode Konstruksi.....	12
2.5.5 Klasifikasi Berdasarkan Sumber Panas dan Bahan Bakar .	13
2.5.6 Klasifikasi Berdasarkan Letak Steam Digenerasikan	13
2.6 Kerugian Panas pada Boiler	17
2.7 Nilai Kalor Bahan Bakar.....	18
2.8 Efisiensi Boiler.....	19
2.8.1 Metode langsung	19
2.8.2 Metode Tidak Langsung	20

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Alur Penelitian	21
3.2	Waktu Pelaksanaan	22
3.3	Data Penelitian	22
3.3.1	Data Operasional Kerja Boiler	23
3.3.2	Data Spesifikasi Bahan Bakar	24

BAB 4 PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

4.1	Perhitungan	25
4.1.1	Energi pada Bahan Bakar	27
4.1.2	Energi Aliran Steam	31
4.1.3	Efisiensi Boiler	34
4.2	Pembahasan	36
4.2.1	Efisiensi dan Waktu Pengambilan Data	36
4.2.2	Efisiensi dan Laju Aliran Massa Steam	38
4.2.3	Daya yang Diterima oleh Steam dan Daya Pembakaran Bahan Bakar	39

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran	42

DAFTAR RUJUKAN	i
-----------------------------	----------

LAMPIRAN	i
-----------------------	----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Diagram T-s pada Boiler	9
Gambar 2. 2	Metode sirkulasi fluida pada boiler. (a) Natural, (b) Sirkulasi paksa. (c) sekali lewat, (d) kombinasi (Ganapathy, 2015)	12
Gambar 2. 3	Pengaruh jenis bahan bakar terhadap ukuran furnace (Ganapathy, 2015)	13
Gambar 2. 4	Fire tube boiler (Ganapathy, 2015).....	14
Gambar 2. 5	Boiler tipe water tube (Ganapathy, 2015).....	15
Gambar 3. 1	Diagram alir penelitian	21
Gambar 3. 2	Layout sederhana paket boiler tipe water tube plant utilitas pabrik P.1B PT Pupuk Sriwidjaja Palembang	23
Gambar 4. 1	Grafik efisiensi boiler dan waktu pengambilan data	36
Gambar 4. 2	Grafik laju aliran massa steam dan efisiensi boiler	38
Gambar 4. 3	Grafik efisiensi boiler, daya yang diterima oleh steam dan daya pembakaran	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Perbedaan antara fire tube boiler dan water tube boiler (Parvez, 2017).....	15
Tabel 3.1	Jadwal Kegiatan Penelitian.....	22
Tabel 3.2	Data operasional boiler	23
Tabel 3.3	Data spesifikasi bahan bakar	24
Tabel 4.1	Data temperatur operasional boiler.....	25
Tabel 4.2	Data tekanan dan laju aliran operasional boiler.....	26
Tabel 4.3	Kandungan senyawa kimia pada bahan bakar	27
Tabel 4.4	Senyawa kimia dan HHV bahan bakar tanggal 4 Mei 2019...	28
Tabel 4.5	Senyawa kimia dan HHV bahan bakar tanggal 5 Mei 2019...	28
Tabel 4.6	Senyawa kimia dan HHV bahan bakar tanggal 6 Mei 2019...	29
Tabel 4.7	Senyawa kimia dan HHV bahan bakar tanggal 7 Mei 2019...	29
Tabel 4.8	Senyawa kimia dan HHV bahan bakar tanggal 8 Mei 2019...	30
Tabel 4.9	Senyawa kimia dan HHV bahan bakar tanggal 9 Mei 2019..	30
Tabel 4.10	Data entalpi superheated steam (Cengel, 2009)	31
Tabel 4.11	Data entalpi fluida kerja masuk boiler	32
Tabel 4.12	Data entalpi fluida kerja keluar boiler	33
Tabel 4.13	Tabel efisiensi boiler.....	34

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan pupuk sebagai penunjang ketahanan pangan terus meningkat. Untuk memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat, banyak cara dilakukan. Salah satunya adalah dengan menjaga efisiensi peralatan pabrik. Efisiensi ini dapat meliputi efisiensi penggunaan bahan baku, efisiensi penggunaan bahan bakar, dll.

Beberapa teknologi yang digunakan di dalam pabrik adalah peralatan rotating, peralatan statik, peralatan listrik, dan peralatan instrumen. Pada istilah teknik, peralatan statik ditujukan untuk seluruh peralatan yang memiliki gerakan statik atau diam dan tidak memiliki peralatan berputar saat beroperasi. Salah satu peralatan statik dalam produksi adalah *boiler*. *Boiler* atau ketel uap adalah sebuah bejana tertutup, biasanya terbuat dari baja, yang digunakan untuk memanaskan air sehingga menghasilkan *steam*/uap dengan menggunakan panas hasil pembakaran bahan bakar. (Parvez, 2017)

Berdasarkan fungsinya, *boiler* digunakan untuk memproduksi *steam*. Pada PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang *steam* yang dihasilkan *boiler*, digunakan untuk menggerakkan turbin uap ataupun digunakan dalam proses pembentukan amoniak.

Penurunan performa *boiler* akan berpengaruh terhadap berkurangnya suplai *steam* pada pabrik yang kemudian secara langsung akan mempengaruhi hasil produksi dari pabrik. Penting untuk menjaga kondisi paket *boiler* agar paket *boiler* selalu beroperasi secara optimal. Laju aliran massa uap memiliki perbedaan setiap harinya dikarenakan produksi pupuk yang menyesuaikan permintaan dari konsumen. maka peneliti akan meneliti mengenai Analisa

efektivitas *boiler* tipe *water tube* dengan menggunakan metode langsung pada PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis merumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh laju aliran massa *steam* terhadap efektivitas *package boiler* tipe *water tube* pada *plant* utilitas pabrik P.1B PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang”.
2. Bagaimana pengaruh daya pembakaran bahan bakar terhadap efektivitas *package boiler* tipe *water tube* pada *plant* utilitas pabrik P. 1B PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.
3. Bagaimana pengaruh daya yang diterima oleh *steam* terhadap efektivitas *package boiler* tipe *water tube* pada *plant* utilitas pabrik P. 1B PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk

1. Menganalisa pengaruh beberapa parameter yang terdapat pada operasional *boiler* terhadap efektivitas *package boiler* tipe *water tube*.
2. Mendapatkan efektivitas *boiler* yang tinggi.

1.4 Batasan Masalah

Pada penulisan tugas akhir ini, penulis membatasi masalah yang akan dibahas yaitu

1. Hanya membahas efektivitas paket *boiler* tipe *water tube*.
2. Data diambil pada *plant* utilitas P.1B PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang dari tanggal 04 Mei 2019 sampai dengan 07 Mei 2019.
3. Perhitungan dilakukan hanya dengan menggunakan metode langsung.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini bermanfaat untuk :

1. Mengetahui efektivitas dari paket *boiler* tipe *water tube* pada *plant* utilitas pabrik P.1B PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.
2. Mengetahui pengaruh dari beberapa parameter terhadap efektivitas paket *boiler* tipe *water tube* pada *plant* utilitas pabrik P.1B PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.
3. Menjaga efektivitas paket *boiler* tipe *water tube* pada *plant* utilitas pabrik P.1B PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.

DAFTAR RUJUKAN

- Cengel, A. Y., 2009. *Heat Transfer: a practical approach*. 2 ed. Boston: McGraw-Hill.
- Ganapathy, V., 2015. *Steam Generators and Waste Heat Boilers for Process and Plant Engineers*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Hendaryati, H., 2012. Analisis Efisiensi Termal Pada Ketel Uap di Pabrik Gula Kebonagung Malang. *Jurnal Gamma*, 8(1), pp. 148 - 153.
- HERRY IRAWANSYAH, S. M., 2017. *Mesin Konversi Energi*. Banjarmasin: Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
- Holman, J. P., 1986. *Heat Transfer*. 6 ed. Singapore: McGraw-Hill.
- Houck, J. E. & Clark, J., 2009. *Higher Heating Value and Lower Heating Value Variation*. Portland: OMNI Environmental Services, Inc..
- Incropera, F. P., Dewitt, D. P., Bergman, T. L. & Lavine, A. S., 2007. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. 6 ed. s.l.:JOHN WILEY & SONS.
- Jain, A. K., 2012. An Approach towards Efficient Operation of Boilers. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 3(Issue 6).
- Kakac, S. & Liu, H., 2002. *Heat Exchangers Selection, Rating, and Thermal Design*. 2 ed. Boca Raton: CRC Press.
- M. T. S. U. & E. S., 2015. Analisa Efisiensi Exergi Boiler Wanson Iii Pada Unit Kilang. *Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 3, No. 2,, 3(2)*, pp. 127-137.
- Parvez, M., 2017. *Steam Boiler*. Faribadad: Al-Falah University.

- Patro, B., 2016. Efficiency studies of combination tube boilers. *Alexandria Engineering Journal*, Volume 55, pp. 193 - 202.
- Teir , S. & Kulla, A., 2002. *Boiler Calculations*. Helsinki: Helsinki University of Technology Department of Mechanical Engineering.
- Teir, S., 2002. *Modern Boiler Types and Applications*. Helsinki: Energy Engineering and Environmental Protection Publications.
- Yolanda Pravitasaria, M. B. M. & M., 2017. Analisis Efisiensi Boiler Menggunakan Metode Langsung. *PRISMA FISIKA*, V(1), p. 09 – 12.